ENCYCLOPÉDIE
CHIMIQUE

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

M. FREMY

Membre de l'Institut, professeur à l'École polytechnique, directeur du Muséum
Membre du Conseil supérieur de l'instruction publique

PAR UNE RÉUNION

D'ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, DE PROFESSEURS ET D'INDUSTRIELS

ET NOTAMMENT DE

MM. ARSON et AUDOUIN, ing. en chef des travaux chimiques à la Compagnie parisienne du gaz
H. BECQUEREL, répétiteur à l'Ecole polytechnique; BERTHELOT, sénateur, membre de l'Institut
BOUILLET, ingénieur directeur de la maison Christophle
M. BOURGEOIS, préparat. du cours de chimie organique au Muséum; BOURGOIN, profes. à l'Ecole de pharmacie
CAMUS, directeur de la Compagnie du gaz; Ad. CARNOT, directeur des études de l'Ecole des Mines;
CHASTAING, pharmacien en chef de la Pitié; CLÈVE, prof. à l'Université d'Upsal; Ch. CLOEZ, répét. à l'Ec. polytechnique
CUMENGE, ingén. en chef des mines; CURIE (J.), maître de conférences à la Faculté des sciences de Montpellier
DEBIZE, ing. en chef des manuf. de l'Etat; DEBRAY, membre de l'Institut; DECAUX, direct. des teintures des manuf. de l'État
DEHÉRAIN, professeur au Muséum; DITTE, professeur à la Faculté des sciences de Caen
DUBREUIL, président de la chambre de commerce à Limoges; DUCLAUX, professeur à l'Institut agronomique
DUQUESNAY, ingénieur des manufactures de l'Etat; EUVERTE, directeur des forges de Terre-Noire
De FORCRAND, docteur ès-sciences; GAUDIN, ancien élève de l'Ecole polytechnique, professeur de chimie
GIRARD, dir. du laboratoire municipal; L. GRUNER, inspecteur général des mines
HENRIVAUX, direct. de la manuf des glaces de St-Gobain; JOANNIS, doct. ès-sciences; JOLY, maître de conf. à la Sorbonne
JOULIE, pharmacien en chef de l'hospice Dubois; JUNGFLEISCH, professeur à l'École de pharmacie
KOLB, administrateur de la Société des manufactures des produits chimiques du Nord
LEMOINE, ingénieur en chef des ponts et chaussées, répétiteur à l'École polytechnique
LEIDIÉ, pharm. en chef de l'hôpital Necker; LODIN, ing. des Mines; MALLARD, prof. à l'École des mines
MARGOTTET, prof. à la fac. des sc. de Dijon; MARGUERITTE, président du conseil d'administ. de la Cie paris. du gaz
MARGUIN, ancien élève de l'École polytechnique; MATHEY, directeur des houillères de Blanzy
MEUNIER (Stanislas), aide naturaliste au Muséum; MOISSAN, agrégé à l'École de pharmacie
MOUTIER, examinateur de sortie à l'Ecole polytechnique; NIVOIT, professeur à l'École des ponts et chaussées
ODENT, anc. élève de l'Ecole polytechnique; OGIER, directeur du laboratoire de toxicologie à la préfecture de police
PABST, chimiste principal du labor. municipal; PARMENTIER, profes. à la faculté des sciences de Montpellier
PÉCHINEY, directeur des usines de prod. chim. du Midi; PERSOZ, directeur de la condition des soies
POMMIER, industriel; PRUNIER, prof. à l'École de pharmacie; RIBAN, direct. du labor. de chimie à la Sorbonne
SABATIER, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse; SARRAU, professeur à l'École polytechnique
SCHLAGDENHAUFFEN, prof. à la Faculté de médecine de Nancy; SCHLŒSING, prof. au Conserv. des arts et métiers
SOREL, anc. ing. des manufactures de l'État; TERREIL, aide naturaliste au Muséum
TERQUEM, professeur à la Faculté de Lille; URBAIN, répét. à l'École centrale des arts et manufactures
VERNEUIL, prof. de chimie; VIEILLE, ingén. des poudres et salpêtres; VILLIERS, agrégé à l'École de pharmacie
VINCENT, professeur à l'École centrale; VIOLLE, professeur à la Faculté des sciences de Lyon
et WELDON, membre de la Société royale de Londres, etc., etc.

TOME II
MÉTALLOÏDES

APPENDICE. — 2me cahier : **Météorites**

Par M. STANISLAS MEUNIER

PARIS
DUNOD, ÉDITEUR
LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES CHEMINS DE FER
DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES
49, Quai des Augustins, 49

1884



LA COLLECTION DE MÉTÉORITES
dans la Galerie de Géologie du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris.

MÉTÉORITES

Par M. Stanislas MEUNIER,

Docteur ès-sciences. Aide-naturaliste au Muséum.

I

INTRODUCTION

Dans l'antiquité, actuellement encore dans les régions ignorantes (même en France), la chute des météorites est considérée comme une manifestation directe de puissances surnaturelles. A une époque encore bien voisine de nous, elle fut niée purement et simplement par les savants de profession. Aujourd'hui, définitivement admise dans le domaine scientifique, elle a été l'objet d'études très variées et très approfondies.

Nous reviendrons plus loin d'une manière concise sur l'historique de cette grande question et nous consacrerons un chapitre à la description des phénomènes dont s'accompagne la chute des météorites.

Auparavant nous fixerons notre attention sur la constitution intime de ces corps dont l'analyse a fourni de nombreux sujets de travaux très importants.

Tout d'abord, on s'est contenté de soumettre les météorites à l'*analyse chimique* proprement dite, et l'on est ainsi parvenu à la découverte de ce grand fait que, malgré l'éloignement de leur gisement originel, elles ne nous apportent aucun corps simple qui soit étranger à la chimie terrestre : les noms de Berzélius, de Vauquelin, de Howard, de Laugier, etc., sont attachés à cette première période.

Un pas considérable a consisté à réaliser l'*analyse minéralogique* des météorites. On a reconnu alors dans leur substance beaucoup d'espèces telles que le péridot, l'enstatite, l'oligoklase, l'anorthite, le labrador, la chromite, la pyrrhotine, etc., qui font partie de l'écorce du globe et, en même temps, d'autres espèces qui, comme la tænite, la kamacite, le laurencite, le schreibersite, etc., n'ont pas été recueillies dans les roches terrestres ; à ce genre d'études se sont consacrés Gustave Rose, Rammelsberg et MM. Daubrée, Lawrence Smith, Tschermak, Brézina, Maskelyne,

Flight, etc. Une fois entré dans ce genre d'études, l'idée est venue tout naturellement de reproduire artificiellement les minéraux exclusivement météoritiques, c'est-à-dire ceux qui n'existent pas à la surface du globe. Cependant la tentative, non éclairée par des documents géologiques indispensables, n'a pu être couronnée de succès, et pendant bien longtemps on n'a pu citer que l'imitation synthétique de la schreibersite par M. Faye ; encore faut-il ajouter que l'auteur lui-même s'est complu récemment à insister devant l'Académie des sciences sur l'imperfection de ses résultats.

Enfin, pénétrant plus profondément encore dans le détail de la constitution des météorites, on les a soumises dans ces dernières années à une *analyse lithologique* qui, donnant lieu à l'établissement des types de roches cosmiques, n'a pas tardé à conduire à une véritable GÉOLOGIE DES MÉTÉORITES, devenue elle-même un simple chapitre d'une science nouvelle, la GÉOLOGIE COMPARÉE.

En effet, disais-je en 1874[1], si vaste que soit la géologie proprement dite, qu'il faudra désormais appeler *terrestre* sans crainte de pléonasme, son étude ne constitue qu'un cas particulier.

Chacun des corps de notre système, le soleil, les planètes, la lune, est susceptible de donner lieu à une géologie spéciale, et il faut insister sur ce point que le fruit à retirer de ces diverses géologies ne consiste pas seulement dans une connaissance plus intime de chacun de ces corps, mais dans celle de quelques-unes des grandes lois qui régissent l'univers et qui ne sauraient être dévoilées autrement.

C'est qu'au point de vue géologique, comme au point de vue astronomique, les astres ne sont point isolés les uns des autres ; le système solaire, par exemple, constitue un grand tout, au même titre que la terre, et j'ajoute, pour y revenir plus tard, que la structure générale du premier, malgré de nécessaires différences, présente avec celle du second d'étroites analogies.

Il résulte évidemment de là que les notions acquises à l'égard d'un astre sont applicables à l'étude des autres, et cet échange mutuel de lumières ne peut manquer de produire des résultats importants.

La terre, que des personnes étrangères à la science peuvent regarder comme une chose achevée et définitive et comme le type même de stabilité, traverse simplement, au moment où nous sommes, l'une des innombrables phases de son évolution.

De cette immense histoire, que peut nous apprendre la géologie? Le présent et toute la partie du passé qui répond à ce qu'on peut fouiller de l'écorce du globe, c'est-à-dire à son épiderme. Quant à la structure des régions profondes, quant à l'origine première, quant à ce que l'avenir réserve, la géologie ne nous apprend rien et ne peut rien nous apprendre.

Mais, au contraire, ces notions que ne saurait fournir l'examen direct de la terre, sont procurées par l'étude d'astres convenablement choisis. C'est ainsi que la géologie des parties profondes du globe est dévoilée par la connaissance des météorites. C'est ainsi encore que l'analyse spectrale du soleil, des étoiles et des autres astres brillants évoque devant nous les états de la terre antérieurs à l'acquisition des caractères qu'elle présente aujourd'hui. De même la lune, les petits astéroïdes réunis

1. *Cours de Géologie comparée* professé au Muséum d'histoire naturelle.

en si grand nombre entre les orbites de Mars et de Jupiter, enfin les météorites, convenablement interrogées, nous révèlent l'avenir qui attend notre planète.

Enfin, la cause même des actions géologiques, la chaleur interne du globe, qui est encore l'objet de tant de discussions entre les géologues, se trouve définitivement démontrée par la comparaison des effets qu'elle produit d'une manière si manifeste sur les astres brillants et par les caractères qu'elle a imprimés à la substance des météorites.

On voit donc quelle influence l'étude du ciel peut avoir sur la connaissance de la terre.

La réciproque n'est pas moins vraie. Bornons-nous, pour le moment, à faire remarquer que la notion de ce qui se passe à la surface de notre globe donne la clef de diverses apparences que présentent les corps célestes. Si nous savons que les accidents qui recouvrent la surface de la lune sont des montagnes et des volcans; que les taches, les unes sombres et les autres claires, de Mars, sont des océans et des terres; que les calottes blanches de ses pôles sont des glaces; que les bandes de Jupiter sont des nuages témoignant de l'existence de vents réguliers; — c'est que sur la terre nous avons des montagnes et des volcans, des océans et des continents, des glaces polaires et des vents alizés.

Ces exemples frappants ne font-ils pas bien augurer des résultats géologiques que ces confrontations célestes, méthodiquement conduites, pourront donner, même en des points qu'on eût pu croire à l'abri de nos moyens d'investigation?

Il me sera permis, sans doute, de constater que l'ordre d'idées réunies sous le nom de *Géologie comparée*, et auquel je me suis consacré depuis plus de quinze ans, a obtenu l'approbation des maîtres de la science. Il n'est pas inutile en effet, pour justifier la longueur du présent travail, de rapporter ici quelques-uns des témoignages les plus flatteurs que j'ai recueillis.

C'est à ce titre que je reproduirai le passage suivant d'une lettre que M. Dumas, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, voulait bien m'écrire à la date du 3 février 1871. Après m'avoir proposé une légère modification à une note qu'allaient publier les *Comptes rendus*, l'éminent académicien ajoutait :

« Veuillez surtout, monsieur, voir dans ma proposition une preuve du sérieux intérêt que m'inspirent vos importantes études. Elles éclairent d'un jour tout nouveau des questions restées jusqu'à présent dans le domaine de l'abstraction, et les ramènent à la forme concrète qui seule leur assure une base solide.

« Vous n'avez pas besoin d'être encouragé, et cependant ceux qui entrevoient le but vers lequel chaque pas vous conduit, s'estimeraient heureux s'il leur était permis de vous aider à l'atteindre. Veuillez me compter parmi eux, et croire que personne n'apprécie plus que moi la sûreté de votre méthode et la grandeur de vos conclusions acquises ou futures. »

Mes publications sur la géologie comparée ont eu le bonheur d'exciter l'intérêt d'autres savants illustres, parmi lesquels je citerai M. Faye, M. Le Verrier, le si regrettable M. de Haidinger, avec lequel j'entretenais une correspondance suivie.

En 1878, l'Académie des sciences accorda à l'ensemble de mes recherches le prix Lalande, jusque-là réservé à des travaux d'astronomie pure. La commission était formée de MM. Mouchez, Lœwy, Liouville, Janssen, Faye rapporteur. Voici le texte

même de son Rapport[1] : « Lorsqu'on commença à soumettre les météorites qui tombent du ciel à l'analyse chimique, on fut très frappé de n'y trouver que des éléments purement terrestres. Plus tard, on reconnut que, malgré cette identité chimique, leurs caractères minéralogiques différaient notablement de ceux des matériaux qu'on trouve sur notre globe, leur caractère général étant d'un degré d'oxydation très décidément inférieur à celui de nos minéraux. Mais, peu à peu, cette opposition, si tranchée d'abord, s'effaça ; on finit par reconnaître que les matériaux expulsés de nos volcans ou amenés à la surface par l'ascension de roches fondues, venues de l'intérieur, offrent précisément les mêmes caractères, en sorte que, si les minéraux célestes diffèrent beaucoup de ceux de nos roches superficielles, ils ressemblent au contraire de très près aux matériaux qui forment les assises inférieures de l'écorce terrestre. Tout récemment enfin, on a constaté que les antiques éruptions de basaltes ont amené à la surface, des profondeurs de notre globe, des blocs de fer métallique allié au nickel, tout comme celui des météorites, tandis qu'il suffisait naguère de rencontrer à la surface de la terre un fragment pareil, pour prononcer qu'il venait du ciel.

« Les astronomes ont suivi surtout avec intérêt les beaux travaux de M. Daubrée, qui ont tant contribué à établir une connexion si peu prévue entre les astéroïdes venus du ciel et les couches profondes de notre globe ; nous avons été conduits par là à donner une attention plus soutenue aux recherches de son élève et continuateur, M. Stanislas Meunier. Ce n'est pas sans quelque surprise que nous avons appris, par ses récents travaux, que l'analogie ne réside pas seulement dans la constitution minéralogique, mais qu'elle se poursuit jusque dans les rapports que les matériaux cosmiques, disséminés dans l'espace, présentent entre eux lorsqu'on les compare les uns aux autres, comme on le fait pour les roches constituantes de notre globe. Ainsi, M. Stanislas Meunier retrouve dans les météorites des roches bréchiformes, des roches éruptives, des roches filoniennes, si l'on peut s'exprimer ainsi, des roches épigéniques et jusqu'à des roches ayant subi un métamorphisme évident. Ces analogies, l'auteur les confirme par des expériences directes, et comme de tels effets n'ont pu se produire dans des masses très petites circulant aujourd'hui dans l'espace à l'état d'isolement complet, telles enfin qu'elles ont pénétré dans notre atmosphère, M. Stanislas Meunier semble être en droit de conclure que toutes ces masses ont dû appartenir, autrefois, à un globe considérable, qui aura eu, comme la terre, de véritables époques géologiques, et se sera plus tard décomposé en fragments séparés sous l'action de causes difficiles à préciser, mais que nous avons vues à l'œuvre plus d'une fois dans le ciel même.

« Une telle conclusion ajoute grandement à l'intérêt de ces astres minuscules. L'astronome ne s'occupait guère autrefois que de leurs mouvements, de leur distribution probable dans l'espace ; il sait aujourd'hui qu'il faut compter avec la géologie sidérale, tout comme il lui faut tenir compte aujourd'hui de la physique céleste, de la chimie céleste, de la minéralogie céleste. Votre commission a cru devoir accorder, cette année, le prix Lalande à l'auteur de ces ingénieuses recherches pour l'encourager à persévérer dans des études si intéressantes au point de vue de la constitution intime de notre système solaire. »

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, vol LXXXVIII, p. 468 (10 mars 1879).

Plusieurs autres académies, et en particulier la Société des naturalistes de Moscou, m'ont accordé également des témoignages flatteurs, et j'ai été appelé à professer, dans la chaire de géologie du Muséum d'histoire naturelle, tout un Cours sur la géologie comparée.

Toutefois c'est parmi mes motifs les plus vifs de satisfaction que je compterai la demande qu'a bien voulu me faire M. Fremy d'écrire le présent article pour sa monumentale *Encyclopédie chimique*.

II

POINT DE VUE CHIMIQUE

COMPOSITION CHIMIQUE DES MÉTÉORITES.

Comme nous l'avons dit, les premiers travaux relatifs aux météorites ont consisté dans des analyses purement chimiques.

Leur résultat le plus général a été de déceler chez les corps extra-terrestres des corps simples qui se trouvent faire, sans exception, partie de la chimie terrestre. Nous allons les passer rapidement en revue.

1. *Oxygène.* — Dans toutes les météorites, sauf certains fers proprement dits.

2. *Hydrogène.* — Tantôt simplement condensé, à l'état d'occlusion comme dans le fer de Lenarto d'après le beau travail de Thomas Graham[1], tantôt combiné soit sous forme d'eau, soit à l'état de sels ammoniacaux ou de carbures dans les météorites charbonneuses.

3. *Azote.* — Découvert par Berzélius dans la météorite d'Alais[2] et retrouvé ensuite dans les autres météorites charbonneuses qui le contiennent à l'état d'ammoniaque. M. Boussingault en a démontré l'existence dans le fer de Lenarto[3], où il entre peut-être dans la constitution d'un azoture.

4. *Soufre.* — D'après Wœhler et Haidinger[4] le soufre existe dans la météorite charbonneuse tombée à Cold Bokkeweld (cap de Bonne-Espérance).

Dans la plupart des météorites on trouve des sulfures. M. Cloez[5] a signalé des sulfates dans la pierre d'Orgueil (14 mai 1864).

5. *Sélénium.* — Une analyse de John[6] signale le sélénium dans le fer de Bitburg.

1. *Proceedings of the Royal Society of London*, t. XV, p. 520.
2. *Poggendorff's Annalen*, t. XXXIII, p. 113.
3. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LIII, p. 77 (1861).
4. *Sitzungsberichte der kk. Akad. der Wiss. zu Wien*, t. XXXV, p. 5.
5. *Comptes rendus*, t. LIX, p. 37.
6. *Die Meteoriten in Sammlungen* du Dr Buchner. p. 126.

6. *Chlore.* — Beaucoup de fers contiennent du chlore qui, dans l'air humide, donne lieu à des exsudations de chlorures métalliques. On peut voir au Muséum plusieurs échantillons qui se détruisent rapidement de cette façon. A Londres, il suffit de percer le gros bloc de fer de Cranbourne (Australie) pour en voir sortir un liquide vert qui n'est autre chose que du protochlorure de fer devenant brun à l'air.

Jackson[1] a trouvé 1,480 pour 100 de chlore dans le fer de Claiborne (Alabama).

Il convient d'ajouter qu'on a parfois élevé des doutes quant à l'origine extraterrestre du chlore renfermé dans les fers météoriques. En 1842, M. Shepard a noté qu'un saumon de fonte de fer pesant 150 livres ayant été trouvé enterré dans la vase près du fort de New-Haven aux États-Unis, on constata chimiquement la présence du chlore qui avait pénétré la masse tout entière. Il en fut de même d'un débris d'ustensile en fonte trouvé à plusieurs pieds au-dessous de la surface du sol dans la Caroline du Sud. Cette pénétration du fer par le chlore est évidemment due, pour le saumon de New-Haven, à la présence des chlorures contenus dans l'eau de la mer et, pour l'autre échantillon, à celle du chlorure de calcium si abondamment répandu sous le sol.

Mais ces faits, tout réels qu'il soient, n'empêchent pas que le chlore existe dans des fers météoriques n'ayant subi aucun contact de chlorures terrestres.

D'ailleurs certaines météorites pierreuses et spécialement les pierres charbonneuses contiennent des chlorures alcalins et du sel ammoniac. Le chlorure de sodium spécialement, a été reconnu et dosé dans la météorite d'Authon (Loir-et-Cher).

7. *Brome.* — D'après M. Fischer, le fer de Braunau renferme du brome[2].

8. *Fluor.* — La présence du fluor est douteuse. Elle semble indiquée par l'existence de l'apatite dans la pierre de Juvinas, où elle a été signalée par Rammelsberg[3], et dans les météorites de Little Piney et de Forsyth par M. Shepard[4].

9. *Phosphore.* — Le phosphore, à l'état de phosphure métallique, existe dans la plupart des fers météoriques et dans certaines pierres très riches en fer. On a cité des phosphates dans quelques pierres.

10. *Arsenic.* — D'après MM. Fischer et Duflos[5] le fer de Braunau contient de l'arsenic.

Le péridot du fer d'Atacama est arsénifère d'après Rumler. Barcells en a trouvé dans la météorite de Nulles[6].

Silliman a dosé dans le fer de Bedford County (États-Unis) 1,56 pour 100 d'arsenic[7].

1. *Silliman's American Journal*, t. XXXIV, p. 332.
2. Cité par Humboldt, *Comptes rendus*, t. XXV, p. 827.
3. *Poggendorff's Annalen*, t. LXXIII, p. 585.
4. *Silliman's American Journal*, t. XXXVII, p. 385, t. XXXIX, p. 254. — 2e série. t. VI, p. 406, et t. XVIII, p. 388.
5. *Annalen der Physik und Chimie*, t. LXII, p. 470 et 575.
6. *Lithologia meteorica*, 1854.
7. *Meteoriten in Sammlungen*, p. 157.

11. *Carbone.* — Dans les météorites il existe, outre des carbures d'hydrogène, du carbone amorphe.

La plupart des fers renferment du graphite; peut-être certains d'entre eux contiennent-ils en outre des carbures métalliques.

Des carbonates entrent dans la constitution de la météorite d'Orgueil.

Certaines pierres, telles que celle de Cangas de Onis, paraissent dégager de l'acide carbonique sous l'influence des acides. D'autres, comme celle de Jowa, en dégagent sous l'influence de la chaleur.

Dans plusieurs fers, l'oxyde de carbone est retenu à l'état *occlus*.

12. *Silicium.* — C'est l'un des corps les plus abondants dans les météorites pierreuses essentiellement constituées par le mélange des divers silicates.

Le silicium paraît exister dans certains fers, sans doute à l'état de siliciure.

13. *Potassium.* — Ce métal existe dans un très grand nombre de météorites, soit à l'état de sulfate (Orgueil, etc.), soit à l'état de chlorure, soit enfin engagé d'une façon qui n'est pas bien connue et peut-être simplement par isomorphisme dans les silicates magnésiens et dans des silico-aluminates feldspathiques.

14. *Sodium.* — Le sodium se trouve dans les mêmes conditions que le potassium. Certains pierres donnent à l'analyse du chlorure de sodium (Authon, etc.).

15. *Lithium.* — Il a été décelé dans plusieurs pierres par les procédés stéréoscopiques. Bunsen l'a ainsi trouvé dans la météorite de Juvinas et dans celle de Parnallee. M. Engelbach le signale dans la pierre de Cold Bokkeweld. D'après M. Scelheim il existe dans celle d'Uden[1] et dans celle de Ile sle d'après M. Angstrom[2].

16. *Strontium.* — C'est aussi par l'analyse spectrale que M. Engelbach a trouvé le strontium dans la pierre de Cold Bokkeweld.

17. *Calcium.* — Beaucoup de silicates météoritiques renferment de la chaux. La pierre de Busti compte le sulfure de calcium au nombre de ses éléments constitutifs, ainsi que M. Maskelyne l'a démontré[3]. M. Lawrence Smith a signalé de la chaux carbonatée à la surface du fer météorique de Newton County (Arkansas)[4].

18. *Magnésium.* — Le magnésium joue un très grand rôle dans la plupart des météorites pierreuses; il existe aussi, soit à l'état de péridot, soit à l'état de silicates plus acides, dans un grand nombre de fers.

19. *Zirconium.* — Forchhammer l'a annoncé d'une manière dubitative dans le fer de Niakornak[5], considéré longtemps comme météoritique.

M. Maskelyne pense l'avoir rencontré dans la météorite de Busti.

1. *Meteoriten in Sammlungen*, du Dr Otto Buckner, p. 64 (Leipsig, 1863).
2. *Meteorstensfallet vid Hessle, af A. E. Nordenskiold*, p. 8 (Stockholm, 1870).
3. *Proceedings of the Royal Society of London*, séance du 9 octobre 1869.
4. *Scientific Researches*, p. 339 (Louisville, 1873).
5. *Die Meteoriten in Sammlungen*, p. 157.

20. *Yttrium.* — D'après Forchhammer [1] l'yttrium existe dans le fer de Niakornak.

21. *Aluminium.* — Divers fers météoriques contiennent de l'aluminium. Beaucoup de pierres renferment des quantités notables d'alumine et toute une catégorie a mérité le nom de *météorites alumineuses*. Les pierres tombées à Juvinas, à Jonzac, à Stannern, etc., en font partie.

22. *Glucium.* — Après avoir été signalée dans le fer de Bohumilitz par Von Holger [2], la présence du glucium dans les météorites a été contestée par Berzélius [3].

23. *Manganèse.* — On le trouve dans certains fers et dans beaucoup de météorites pierreuses.

24. *Fer.* — C'est sans doute le corps dont la présence est la plus constante. Aucune météorite n'en est dépourvue ; le plus grand nombre même le contiennent à l'état de liberté.

25. *Chrome.* — Allié à certains fers. Il entre dans la composition d'un sulfure spécial et fait partie de divers silicates. Dans beaucoup de pierres et dans le fer de Cohahuila [4] on le trouve sous la forme de fer chromé.

26. *Nickel.* — Ne manque guère plus que le fer, qu'il accompagne avec une constance remarquable. Son rôle, habituellement secondaire, est prépondérant dans le fer d'Octibbeha. D'après l'analyse de Taylor [5] le fer de Sainte-Catherine est très riche en nickel et on y trouve, outre le sulfure double de fer et de nickel, du sulfure simple de nickel ou millerite [6].

27. *Vanadium.* — D'après M. Apjohn la météorite de Limerick renferme des traces très nettes de vanadium [7].

28. *Cobalt.* — Il accompagne très souvent le nickel, mais seulement en proportion très faible. M. Lawrence Smith a insisté sur la constance du cobalt dans les fers météoriques [8].

29. *Étain.* — On en trouve des traces dans certains fers et dans quelques pierres. Sa présence a été découverte par Berzélius.

30. *Antimoine.* — L'antimoine n'existe que très rarement dans les météorites. Silliman jeune et Sterry Hunt l'ont décelé dans le fer de Red River (Texas) [9].

1. *Die Meteoriten in Sammlungen*, p. 158.
2. *Baumgartn. Zeitchrift*, t. IX, p. 327.
3. *Poggendorff's Annalen*, t. XXVII, p. 118, et t. XXXII, p. 147.
4. D'après M. Lawrence Smith.
5. *Silliman's American Journal*, 2ᵉ série, t. XXIV, p. 293.
6. Stanislas Meunier, *Comptes rendus* de l'Académie des sciences. Séance du 15 avril 1878.
7. *Chemical Society of London*, février 1874.
8. *Scientific Researches*, p. 352.
9. *Silliman's American Journal*, 2ᵉ série, t. II, p. 376.

31. *Titane.* — Ce métal a d'abord été signalé dans la météorite de Juvinas. Il a été retrouvé dans beaucoup d'autres pierres et par exemple dans celle de Montréjeau et dans celle d'Aumale par M. Daubrée [1].

32. *Molybdène.* — Stromeyer signale le molybdène dans le fer du cap de Bonne-Espérance. On le retrouve dans le fer de Long Creek [2].

33. *Cuivre.* — Il accompagne habituellement l'étain et a été découvert comme ce dernier par Berzélius. D'après M. Smith il existe dans les fers météoriques avec une constance remarquable.

34. *Plomb.* — Olmsted en a constaté la présence dans le fer de Lockport [3]. Il ne faut mentionner qu'avec doute le plomb du fer d'Hemalga, qu'on soupçonne d'y avoir été introduit artificiellement.

1. *Comptes rendus*, t. LXXII, séance du 19 février 1866
2. *Die Feuermeteore*, par le Dr Buchner, p 175.
3. *Silliman's American Journal*, t. XL, p 388.

III

POINT DE VUE MINÉRALOGIQUE

MINÉRAUX DES MÉTÉORITES.

Les différents corps simples dont nous venons de donner l'énumération se présentent dans les météorites sous la forme d'un certain nombre d'espèces minéralogiques parfois admirablement définies.

La liste que nous allons en donner n'aura pas d'ailleurs la prétention d'être complète, et nous savons même qu'elle contient beaucoup de lacunes dues à l'imperfection actuelle des procédés de l'analyse immédiate. Certains minéraux définis qu'on aperçoit en mélange mutuel résistent jusqu'ici aux tentatives de séparation, et plusieurs espèces ont été établies sur des corps qui n'avaient pas atteint le degré convenable de pureté.

AZOTE, HYDROGÈNE, OXYDE DE CARBONE, ACIDE CARBONIQUE.

L'azote paraît exister en *nature*, c'est-à-dire libre, constituant une espèce particulière, dans le fer de Lenarto. Il résulte, en effet, des expériences de M. Boussingault[1], que ce fer météorique renferme 0,010 pour 100 d'azote. Or, si le savant auteur a regardé d'abord ce gaz comme combiné au fer sous la forme d'azoture, il paraît bien plus légitime maintenant de supposer que le gaz azote du fer de Lenarto y est simplement retenu par adhérence ou *occlusion*.

Cette manière de voir est pleinement confirmée en effet par les expériences d'Odling[2], qui a constaté l'absorption de l'azote, sans combinaison chimique, par plusieurs métaux qui ne laissent ensuite échapper le gaz condensé que sous l'influence d'une température élevée. C'est ainsi, pour ne citer qu'un seul exemple, qu'une feuille d'argent peut absorber de l'azote jusqu'à 20 pour 100 de son volume.

On sait maintenant que beaucoup de fers météoriques renferment l'azote comme celui de Lenarto. On peut citer aussi comme étant dans le même cas les grenailles métalliques de beaucoup de météorites pierreuses.

1. *Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. LVI, p. 336.
2. *On the occlusion of gases by metal*, leçon professée à l'Institution royale de la Grande-Bretagne le 17 mai 1867.

Ce qui vient d'être dit pour l'azote s'applique à l'hydrogène dont la présence a été constatée par Thomas Graham dans le fer de Lenarto [1]. Ici l'état libre du gaz condensé n'est pas douteux, car on ne connaît pas d'hydrure de fer ; nous sommes donc parfaitement autorisés à ranger l'hydrogène parmi les espèces minéralogiques des météorites.

Au moyen d'un ciseau propre, Graham enleva d'une masse considérable de fer de Lenarto un fragment dont les trois dimensions étaient respectivement 50, 13 et 10 millimètres. Le poids du fragment était 45gr,2 et son volume 5cc,78. On le traita par une solution chaude de potasse caustique, puis on le lava à plusieurs reprises à l'eau distillée chaude, et on le sécha. On s'était assuré auparavant qu'un pareil traitement, appliqué au fer ordinaire, ne donnait nullement lieu à un dégagement d'hydrogène quand on soumettait ensuite le métal à une forte chaleur. On enferma le fer de Lenarto dans un tube de porcelaine neuf, auquel était adapté un aspirateur de Sprengel, et on obtint ainsi un bon vide à froid. Puis, au moyen de charbons ardents, on chauffa au rouge le tube placé dans un fourneau à combustion. Le dégagement du gaz fut assez rapide, savoir :

En 35 minutes	5cc,38
En 100 —	9 ,52
En 20 —	1 ,63
En 2h,35m	16 ,53

La première portion du gaz recueilli possédait une légère odeur, mais bien plus faible que celle des gaz absorbés dans un feu de charbon par le fer malléable ordinaire. Le gaz du fer météorique brûlait comme l'hydrogène. Il ne contenait pas trace de gaz acide carbonique ni d'aucune vapeur d'hydrocarbure absorbable par l'acide sulfurique.

La seconde portion du gaz recueilli, dont le volume mesurait 9cc,52, fournit à l'analyse :

		En centièmes.
Hydrogène	8cc,26	85,68
Oxyde de carbone	0 ,43	4,46
Azote.	0 ,95	9,86
	9 ,64	100,00

Le fer de Lenarto paraît donc abandonner 2,85 fois son volume de gaz dont près de $\frac{86}{100}$ sont de l'hydrogène, c'est-à-dire que le gaz est presque entièrement composé d'hydrogène, la proportion d'oxyde de carbone ne dépassant pas 4 1/2 pour 100.

Le gaz absorbé par le fer placé dans un feu de charbon est très différent, et se compose en très grande partie d'oxyde de carbone. Afin d'établir la comparaison, on soumit une quantité de fers à cheval, bien nettoyés, à une opération semblable

1. *Proceeding of the Royal Society*, t. XV, p. 520.

à celle qui vient d'être décrite pour le fer météorique. La quantité de gaz fournie par 23gr,5 (3cc,01) de métal fut :

En 150 minutes	5cc,40
En 120 —	2 ,58
En 4h,50m.	7 ,98

Le métal avait donc fourni 2,66 fois son volume de gaz. La première portion du gaz recueilli a paru contenir les proportions suivantes des divers gaz : hydrogène, 35 pour 100 ; oxyde de carbone, 50,5 pour 100 ; acide carbonique, 7,7 pour 100 ; azote, 7 pour 100. La dernière portion recueillie donna plus d'oxyde de carbone (58 pour 100) avec moins d'hydrogène (21 pour 100) et point d'acide carbonique, le reste étant de l'azote [1].

On a fait relativement aux gaz occlus un certain nombre d'expériences à l'aide d'un mode opératoire particulier.

Un fragment de fer météorique dont on a préalablement mesuré avec le plus grand soin le poids et la densité et dont on connaît par conséquent le volume, est soutenu à une certaine hauteur dans une petite éprouvette remplie d'eau distil-

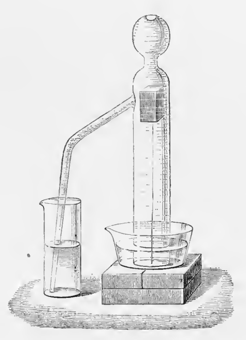


Fig. 1. — Appareil destiné à extraire par voie humide les gaz occlus dans les fers météoriques; moitié de grandeur naturelle.

lée (fig. 1). Celle-ci plonge par le bas dans un verre contenant lui-même de l'eau distillée que l'on remplace peu à peu, quand l'appareil est installé, par une

[1] Note de M. Graham. *Comptes rendus*, 27 mai 1867.

dissolution saturée de bichlorure de mercure. Cette dissolution dont le volume doit être considérable est soustraite au contact de l'air par une disposition quelconque et, par exemple, à l'aide d'une couche d'huile.

Le tout est abandonné dans un endroit chaud et on a soin de faire tomber autant que possible par de légers chocs souvent répétés les dépôts qui recouvrent constamment le fragment métallique.

Les gaz s'accumulent dans le haut de la cloche; le bichlorure n'en pouvant pas donner, on doit les regarder comme dégagés du fer.

L'expérience est extrêmement longue. J'en ai suivi une pendant trois mois (du 19 mai 1868 au 14 août suivant), sans arriver à la dissolution complète d'un peu plus d'un centimètre cube de fer de Charcas qui se trouvait dans le tube.

Dans d'autres essais j'ai abrégé beaucoup le temps de la dissolution par la disposition représentée sur la figure et qui permet de déterminer dans le liquide de l'éprouvette des courants en sens divers qui permettent d'avoir toujours nette la surface du fer et de renouveler souvent le liquide qui se trouve en contact avec le métal.

L'éprouvette un peu étranglée à une certaine hauteur, de façon à limiter une sorte de chambre destinée à contenir le gaz dégagé, porte au-dessous de l'étranglement un tube fin qui descend parallèlement à l'éprouvette et s'ouvre sous la surface du liquide contenu dans un verre distinct de celui dans lequel plonge l'éprouvette. On comprend qu'en modifiant le niveau de l'un ou de l'autre des deux verres on détermine un courant d'ailleurs fort lent de liquide dans un sens ou dans l'autre; les gaz ne peuvent jamais être entraînés, grâce à leur situation dans la chambre supérieure.

Une fois recueillis, les gaz sont analysés par les méthodes ordinaires. Traité de cette façon, un petit échantillon du fer d'Atacama a fourni le quart environ de son volume de gaz. Ce gaz a donné par le gallate de potasse la coloration caractéristique de l'oxygène en même temps qu'il a beaucoup diminué de volume. L'ensemble de ses réactions conduit à penser qu'il consiste en air atmosphérique interposé et très solidement retenu entre le fer et les cristaux de péridot.

En soumettant des fers météoriques aux manipulations qui permettent d'en retirer les gaz occlus, on reconnaît que plusieurs d'entre eux contiennent de l'oxyde de carbone. Le fer de Pallas a donné un résultat du même genre, et un fragment du fer de Charcas, pourvu d'un peu de croûte, a donné une très petite quantité de bulles gazeuses oxygénées.

Il faut remarquer que ces bulles peuvent être considérées à la rigueur comme ne provenant pas du fer, puisque, d'après des expériences récentes, l'eau distillée elle-même ne serait jamais absolument privée d'air.

Ayant d'ailleurs répété l'expérience avec des fragments bien nets et non crevassés des fers météoriques de Caille, de Charcas et de Toluca, j'ai pu réaliser leur dissolution complète sans en dégager la moindre bulle gazeuse.

M. J. W. Mallet, professeur de chimie à l'Université de l'État de Virginie, a étudié les gaz occlus dans le fer d'Augusta (Virginie). Il a fait deux essais préliminaires : le premier avec quelques copeaux provenant du fer débité par une machine à raboter; le second avec un morceau de métal bien raboté et poli sur toutes ses faces, et exempt de croûte et de gerçures. Les copeaux furent soumis aux puri-

fications pratiquées par Graham, telles que lavage avec une solution chaude de potasse caustique, suivi d'un autre lavage à l'eau distillée et d'une dessiccation parfaite. Le fragment compact de fer ne fut pas traité ainsi, car on avait pris soin de ne pas faire usage d'huile dans l'emploi de l'outil qui le façonna. Les deux échantillons ont dégagé des gaz aussitôt qu'ils ont été chauffés dans le vide par Sprengel; la quantité dans chaque cas fut supérieure, pour un poids donné de métal, à celle obtenue par Graham; et à l'analyse on reconnut la présence des gaz trouvés par lui, avec addition d'acide carbonique en faible proportion.

L'essai définitif fut fait comme suit, avec beaucoup de soin, et en prenant toutes les précautions de nature à écarter les erreurs.

Un parallélépipède de fer fut détaché, à l'aide d'une machine à raboter, de la plus grosse des trois masses trouvées à Augusta, l'opération étant menée avec le plus grand soin, en vue d'éviter toute trace de corps gras provenant de la machine.

Non seulement l'outil coupant fut remis à la forge, trempé dans de l'eau pure, recuit et aiguisé sans contact avec aucun corps gras; mais de plus, toutes les pièces de la machine (support, vis de rappel, etc.) qu'on pouvait suspecter, furent nettoyées et on couvrit entièrement de papier le bloc de fer, excepté la partie soumise au travail de l'outil. Le fragment de fer avait environ 75^{mm} de longueur, 16^{mm} de largeur et 12^{mm} d'épaisseur. Il fut détaché de la partie de la masse la plus saine que l'on put découvrir, et il était très brillant sur toutes ses faces et exempt de croûte, bien qu'on pût apercevoir à l'une de ses extrémités la trace d'une fissure très minime. Ce morceau pesait 124^{gr},89; et comme on avait trouvé 7,853 pour la pesanteur spécifique de ce fer, son volume était de 15,87 cent. cubes. On s'est servi d'un tube de porcelaine neuf parfaitement propre, et à glaçure sans défaut, chauffé dans un fourneau droit en terre, à bon tirage. Le combustible employé était du charbon de bois en morceaux gros comme des noix. La pompe de Sprengel avait un tube de raccord long de 1^{m},34; sa jonction fut établie avec grand soin, en la fortifiant par des bandes en caoutchouc et par de la glycérine introduite dans les interstices annulaires des tubes. Une plaque de verre flottant sur le mercure dans l'entonnoir au sommet empêchait l'air d'être entraîné, à mesure que le métal sortait lentement d'un autre entonnoir plus petit à ouverture très étroite.

Un bon vide ayant été obtenu à froid, on plaça du charbon allumé dans le fourneau, et bientôt après le gaz commença à se dégager.

Il fut décidé qu'on analyserait séparément les gaz recueillis au commencement, au milieu et à la fin des essais, afin de savoir si les différents gaz constituants se dégageraient en plus ou moins grande abondance, du commencement à la fin. La quantité totale a été de 36,53 cent. cubes, réduits à 0° C, sous un mètre de pression. Elle était divisée en trois parties :

Partie A	52,02	pour 100,	du tout	se dégagea en	2^{h}	30^{m}
Partie B	24,11	—	—	—	2	20
Partie C	23,87	—	—	—	9	40
	100,00					

On remarquera que la plus forte portion s'est dégagée dans les deux premières heures et demie; mais l'expérience a duré *quatorze heures et demie*, et n'était

même pas terminée au bout de ce temps. La température avait été élevée graduellement, depuis le rouge sombre jusqu'aux approches du rouge blanc, à la fin du temps ; et quand on a mis fin à l'expérience, il se dégageait encore quelques traces de gaz, très faibles, mais perceptibles, qui eessaient de se montrer, dès qu'on laissait la température tomber au-dessous du point atteint déjà.

Le fragment de fer sorti du tube, après son refroidissement complet, fut trouvé glacé par une mince couche de phosphure de fer et de nickel (schreibersite), plus épaisse sur l'extrémité qui s'était trouvée le plus bas, ce phosphure ayant suinté de l'intérieur de la masse, à la haute température employée.

Les tubes placés pour recueillir le gaz pendant la première période de temps de l'expérience furent trouvés revêtus intérieurement d'une légère couche d'humidité, ayant une faible réaction acide, qui a été reconnue contenir de l'acide chlorhydrique, provenant sans doute du chlore existant dans le fer, en combinaison avec ce métal et avec le nickel.

L'analyse attentive des gaz a donné les résultats suivants, en volume, pour les trois portions recueillies séparément : la quatrième colonne de chiffres, obtenue en formant la somme des trois précédentes, donne la composition moyenne de la matière gazeuse extraite du fer.

	Portion A.	Portion B.	Portion C.	Gaz total.
Hydrogène	22,12	10,52	3,19	35,83
Oxyde de carbone . .	15,99	11,12	11,22	38,33
Acide carbonique. . .	7,85	1,02	0,88	9,75
Azote	6,06	1,45	8,58	16,09
Total	52,02	24,11	23,87	100,00

On a recherché d'autres gaz; mais on n'en a reconnu aucun ; on n'a pas trouvé d'oxygène libre, ni d'hydrocarbure.

D'après ces nombres, il paraît que l'hydrogène conserve le même rapport avec les autres gaz dans A et B, mais qu'il diminue grandement en C; que l'oxyde de carbone augmente en B, comparativement à ce qu'il est en A, mais conserve la même proportion en C; que l'acide carbonique diminue d'un bout à l'autre de l'expérience; et que l'azote diminue en B, comparativement à ce qu'il est en A, mais augmente beaucoup de nouveau en C.

Pour comparer ces résultats avec ceux de Graham, en commençant par le volume total des gaz, il est nécessaire de réduire ce volume aux conditions mêmes de pression et de température qu'il a employées. Dans le mémoire lu devant la Société royale et imprimé dans ses *Proceedings*, on ne voit aucune mention se rapportant à ces conditions; mais en supposant qu'on a pris pour base le baromètre à 30 pouces et le thermomètre à 60° F., on trouve que le volume des gaz dégagés des 15,87 cent. cubes de fer correspondait, pour ces conditions de pression et de température, à 50,40 cent. cubes, soit 3,17 fois le volume du métal. Ceci est un peu plus que la quantité obtenue par Graham, c'est-à-dire 2,85 fois le volume du fer de Lenarto employé; mais la durée du chauffage fut plus prolongée dans l'expérience dont il s'agit maintenant, et la température fut aussi probablement beaucoup plus élevée.

Quant à la nature et à la quantité relative des gaz constituants, les résultats

diffèrent notablement de ceux obtenus par Graham, comme cela est évident, quand on place en regard les nombres des deux analyses.

	Fer de Lenarto.	Fer d'Augusta.
Hydrogène.	85,68	35,83
Oxyde de carbone	4,46	38,33
Acide carbonique	» »	9,75
Azote	9,86	16,09
Totaux.	100,00	100,00

Les gaz obtenus dans l'expérience actuelle approchent plus de ceux du fer ordinaire (clous de fer à cheval fourbis) que ceux recueillis par Graham; par exemple, dans la première portion recueillie,

Hydrogène.	35,0
Oxyde de carbone	50,3
Acide carbonique	7,7
Azote	7,0
Total.	100,0

et la conclusion à laquelle il arrive, savoir : « que la prédominance de l'oxyde de carbone dans les gaz qu'un fer renferme atteste son origine tellurique » semblerait enlever au fer de Virginie le droit d'être classé au nombre des masses météoriques, avec lesquelles, cependant, toutes ses autres caractéristiques physiques et chimiques lui donnent la plus grande similitude.

Il est bon de remarquer que l'analyse des gaz provenant du fer de Lenarto n'a pas été faite sur la totalité de la masse gazeuse recueillie; la première portion, s'élevant à 32,5 pour 100 de la totalité recueillie, fut employée uniquement pour un examen qualitatif; la seconde portion, 57,6 pour 100, fut analysée sous tous les rapports; tandis qu'il n'est fait aucune mention des contenus divers de la troisième portion, 9,9 pour 100 ; et il a été constaté que le fer n'était pas épuisé au bout de deux heures trente-cinq minutes, espace de temps que la durée de l'expérience ne dépassa pas. Au contraire, dans l'essai de M. Mallet il paraît probable que le montant de l'hydrogène (et avec lui le volume total de gaz) a été légèrement diminué par son union avec le chlore des chlorures métalliques, pour former la faible portion d'acide chlorhydrique remarqué à l'état de buée à l'intérieur des premiers tubes, et probablement aussi cette buée a dû son origine à la réduction partielle par l'hydrogène de l'acide carbonique en oxyde de carbone. Bien qu'on puisse présumer, surtout en raison de la tendance excessive du fer à s'emparer et à garder de l'oxyde de carbone, que ce gaz représentait le composé primitif gazeux carbonifère existant dans le fer, et qu'il s'était en partie décomposé à la température de l'expérience, pour produire d'une part un composé de fer et de carbone, et d'autre part de l'acide carbonique qui s'est dégagé à l'état de gaz; cependant, en raison du décroissement rapide de ce dernier gaz, à mesure que la durée de l'expérience se prolongeait et que la température s'élevait, et en tenant compte de sa facile décomposition en présence du fer chauffé au rouge, il paraît plus vraisemblable qu'il existait dans le fer une plus forte proportion de carbone à ce

haut degré d'oxydation, que n'en indiquent les nombres des analyses. Quoique la proportion d'hydrogène trouvée soit peu inférieure dans le fer de Virginie à celle du fer de Lenarto, elle représente cependant pour le premier environ 1.14 fois le volume du fer, tandis que le fer ordinaire terrestre ne renferme environ que 0,42 à 0,46 de son volume, à la pression ordinaire.

« Je suis tout à fait certain, dit l'auteur, d'après les caractères inhérents aux fragments que j'ai eus en ma possession, et surtout par la physionomie de la croûte, que le métal n'avait pas été soumis à un feu de forge, ou autre de main d'homme, depuis sa découverte, comme il est arrivé souvent à des échantillons de ce genre, pour chercher à en connaître la nature, ou pour les façonner à un usage.

« Quant à décider si, oui ou non, l'analyse précédente peut être considérée comme prouvant que le fer de Virginie est arrivé à notre terre d'une atmosphère différente de celle qui a fourni le fer météorique de Lenarto, le résultat diffère tellement du seul précédent de même espèce qui soit à notre disposition, qu'il devient du plus haut intérêt qu'on examine avec soin, dans la même direction, un plus grand nombre de fers météoriques, pour accroître ainsi nos connaissances sur les principes fixes constituants de ces corps par l'étude de leurs contenus gazeux. »

M. Wright[1], examinant le fer de Dickson (1er août, 1875), y trouva un gaz renfermant en centièmes :

Hydrogène.	71,04
Oxyde de carbone.	15,03
Acide carbonique.	13,03
Azote.	00,00
	99,10

L'étude des gaz occlus a été étendue par M. Wright à des pierres météoriques. La pierre de Jowa en poudre (12 février 1875) fut soumise au triage et on vit que les grenailles métalliques dégageaient un gaz fort différent de celui qu'avaient donné jusque-là les fers météoriques. Il contenait une très notable proportion d'acide carbonique, avec une petite proportion d'oxyde de carbone et un abondant résidu d'hydrogène, les deux gaz carbonés faisant à peu près la moitié du volume total :

Acide carbonique.	35	49
Oxyde de carbone.	14	
Hydrogène.	non mesuré.	

Mais ces chiffres ne sont pas exacts et l'oxyde de carbone a certainement été exagéré aux dépens de l'acide carbonique.

On prit ensuite la *portion pierreuse* et, après l'avoir finement pulvérisée, on y dosa les gaz en ayant soin de séparer le produit de différentes températures successivement atteintes.

A la *chaleur de la main* appliquée sur le tube il se dégagea un gaz où l'on trouva l'hydrogène et l'oxyde de carbone.

1. *Silliman's American Journal*, 3e série, t. XI, p. 253.

A la température de l'eau bouillante le gaz contient :

Acide carbonique	95,45 pour 100,
Hydrogène	4,54 pour 100.

L'oxyde de carbone, s'il existait, n'était qu'à l'état de traces.

Une chaleur modérée fut alors appliquée pendant peu de temps à l'aide d'un petit bec de Bunsen donnant la température de 200 à 250°. Il se dégagea davantage de gaz, qui donna:

Acide carbonique.	92,32
Oxyde de carbone	1,82
Hydrogène.	5,86.

Une plus forte chaleur fut appliquée presque pendant une heure, sans atteindre cependant le rouge. Environ 3 centimètres cubes de gaz furent mis en liberté :

Acide carbonique.	42,27
Oxyde de carbone	5,11
Hydrogène.	48,06
Azote	4,56
	100,00

Au rouge naissant :

Acide carbonique.	35,82
Oxyde de carbone.	0,49
Hydrogène	58,51
Azote	5,18
	100,00

Au rouge vif :

Acide carbonique.	5,56
Oxyde de carbone.	0,00
Hydrogène.	87,53
Azote	6.91
	100,00

On ne trouva aucun composé hydrocarboné, ni hydrogène sulfuré, ni chlore.

L'auteur des faits précédents cherchait à en conclure une différence radicale entre les fers et les pierres : les premiers contiendraient surtout de l'hydrogène et les autres surtout de l'acide carbonique. Mais M. Mallet a montré par l'analyse du fer de Virginie, et comme on vient de le voir, que cette distinction n'est pas fondée et que les fers diffèrent beaucoup entre eux sous ce rapport.

Le spectre des gaz fut observé sous la pression de quelques millimètres seulement. Au milieu du spectre de l'hydrogène on vit apparaître les bandes de carbone, les trois bandes moyennes, celles dans le jaune et dans le vert étaient extrêmement brillantes et cette dernière la plus intense de toutes. Dans une partie du tube elle

constituait presque tout le spectre visible, la ligne verte de l'hydrogène n'étant sensible qu'avec difficulté et les autres ne pouvant être aperçues.

Ce sont précisément les trois bandes observées dans le spectre de certaines comètes et elles ont la même intensité relative. Ce fait, sur lequel nous reviendrons, est très significatif, puisqu'il montre qu'il est tout à fait inutile de supposer l'existence de composés carbonés volatils pour expliquer les spectres cométaires comme l'ont fait certains auteurs. La présence en quantité suffisante des deux oxydes de carbone est tout ce qu'il faut pour donner naissance à ce résultat.

GRAPHITE

Le graphite se rencontre dans un très grand nombre de fers. Il encadre habituellement les rognons de pyrrhotine, ainsi que cela se voit dans la masse de Toluca, dans celle de Caille et dans beaucoup d'autres.

Dans cette dernière on reconnaît que le graphite est loin d'être amorphe et qu'il se présente au contraire avec une structure très reconnaissable due à son association avec des substances différentes.

On peut aisément déceler du graphite, parfois même dans le fer en petits grains tuberculeux des météorites pierreuses des types communs,

Le plus bel exemple de graphite a été signalé par M. Lawrence Smith dans les fers de Sevier County, de Kalb County et de Cranbonne. On peut voir dans la collection du Muséum une tranche venant du premier de ces graphites prélevée au milieu d'un rognon dont le volume et la forme sont conservés par un moulage en plâtre (fig. 2). Ce graphite, fort analogue au graphite terrestre, est cependant plus oxydable que lui et laisse une petite quantité de cendre.

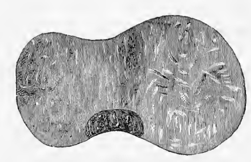


Fig. 2. — Rognon de graphite extrait du fer de Sevier County. Grandeur naturelle.

Dans les fers météoriques les plus ordinaires on peut isoler le graphite de la manière suivante [1] : Quelques grammes de limaille sont projetés dans de la potasse caustique pure en fusion et on obtient ainsi un mélange de graphite et de fer nickelé.

Ce mélange peut être traité de diverses façons :

1° On peut dissoudre le fer dans l'acide chlorhydrique, qui laisse à peu près pur

1. Stanislas Meunier, *Cosmos* de 1868.

tout le graphite : il contient seulement un peu de carbone dans le cas où le fer contenait de la campbelline (carbure de fer).

2° On peut séparer le graphite par lévigation, et ce procédé a l'avantage de fournir d'un seul coup tout le graphite et le fer nickelé. Mais la séparation n'est jamais complète et ne donne presque rien quand le graphite est très peu abondant.

3° Enfin on peut recourir à l'aimant, mais seulement si le graphite se trouve dans le mélange en grande quantité ; autrement il est entièrement enlevé entre les grains de limaille.

Dans tous les cas le graphite doit être lavé à l'acide chlorhydrique, qui le débarrasse du résidu provenant de l'attaque de la troïlite et de la schreibersite.

Si l'on voulait obtenir avec exactitude le poids du graphite contenu dans un fer météorique, il serait bien préférable d'opérer de la manière suivante : Le résidu de l'attaque de la limaille par la potasse fondue est, après lavage, traitée par le bichlorure de mercure. Tout le fer est dissous et il reste, en mélange avec le graphite, les oxydes provenant de l'attaque du sulfure et du phosphure, du mercure métallique peu abondant et beaucoup de protochlorure de mercure. Ce dernier est enlevé par l'eau de chlore, le mercure par lévigation et les autres matières étrangères par l'acide chlorhydrique faible.

On peut aussi, après avoir, au moyen d'un acide, débarrassé le mélange des oxydes qu'il contient, chasser le mercure et le calomel en chauffant le tout dans un courant d'hydrogène. C'est la méthode à laquelle M. Boussingault s'est arrêté de son côté pour le dosage du carbone des fontes et des aciers[1].

Le bichlorure de mercure a de plus, vu son mode tranquille d'action, l'avantage de permettre d'obtenir le graphite avec la forme qu'il affecte dans les masses météoritiques, au lieu de le désagréger comme le fait d'ordinaire, quand on emploie les acides, l'agitation produite dans le liquide par le dégagement des bulles gazeuses.

Ainsi le fer météorique de Caille qui, par l'acide chlorhydrique, donne le graphite à l'état de poudre fine, le laisse sous forme d'écailles quelquefois assez grandes quand on le traite en morceaux par une solution saturée de bichlorure de mercure.

Le graphite du fer météorique de Caille m'a donné, après les purifications qui ont été indiquées, une densité égale à 1.715.

Pour l'analyser, j'en ai inciné un poids connu dans un creuset de platine et j'ai déterminé la composition du résidu. Celui-ci consistait en sesquioxyde de fer que j'ai cru devoir considérer comme dû à l'oxydation du fer métallique combiné au carbone.

En opérant ainsi, j'ai obtenu, pour le graphite au fer de Caille :

Carbone	97,3
Fer.	2,4
Nickel	traces
	99,7

Le graphite du fer de Charcas pèse 1,309 et m'a donné à l'analyse :

Carbone	98,0
Fer.	0,9
	98,9

1 *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1868.

Je ferai remarquer que les analyses de graphites météoritiques sont jusqu'ici fort peu nombreuses. M. Troost (de Mobile) a trouvé dans le graphite du fer de Cosby's Creek (Tennessee), 96,5 de carbone et 3 de fer.

On ne saurait dès à présent assigner de formule à ce principe immédiat des fers météoriques. Il est surtout remarquable par son extrême résistance à l'action des réactifs. L'acide chlorhydrique, les alcalis, les sels métalliques sont sur lui sans action. L'acide azotique, surtout lorsqu'il est fumant, l'attaque, mais très lentement.

CARBURES D'HYDROGÈNE.

Certaines météorites renferment une matière charbonneuse, dont l'existence et l'origine soulèvent un problème des plus intéressants. Cette matière, en effet, comme l'ont montré les analyses de Wöhler et celles de M. Cloëz, contient à la fois du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Elle peut donc, suivant la remarque de M. Berthelot[1], être rapprochée des composés ulmiques, derniers résidus de la destruction des substances organiques : il serait sans doute très important de pouvoir remonter de ce résidu jusqu'aux substances génératrices. « Si, dit l'auteur, la question ainsi posée surpasse les ressources de notre science présente, on pourrait cependant, ajoute-t-il, faire un premier pas dans cette voie en remontant, sinon aux générateurs eux-mêmes, du moins à des principes qui en dérivent par des réactions régulières. » En effet, M. Berthelot a décrit une *méthode universelle d'hydrogénation*, par laquelle tout composé organique défini est transformé en carbures d'hydrogène correspondant. Cette méthode est applicable même aux matières charbonneuses, telles que le charbon de bois et la houille ; elle les change en carbures analogues à ceux des pétroles.

L'auteur a appliqué la même méthode à la matière charbonneuse de la météorite d'Orgueil, et il a reproduit, quoique plus péniblement qu'avec la houille, une proportion notable de carbures forméniques, $C^{2n}H^{2n-2}$, comparables aux huiles de pétrole.

M. Lawrence Smith[2] a étudié les propriétés de la matière carbonifère des météorites charbonneuses ; cette matière, suivant lui, n'est pas de l'humus, mais elle se rapproche du carbone hydraté de la fonte de fer blanche, ainsi que l'ont analysé dernièrement MM. Schützenberger et Bourgeois. M. Smith avait accompagné son mémoire d'une série complète d'échantillons à l'appui des résultats obtenus par lui et j'ai eu l'occasion de les examiner au Muséum.

M. Tschermak[3] a extrait une matière hydrocarbonée de la pierre météorique d'Assam.

SOUFRE.

Le *soufre libre* existe-t-il dans les météorites ? M. Lawrence Smith a publié sur cette question, qui n'est pas résolue, un certain nombre d'expériences intéressantes.

1. *Comptes rendus*, t. LVII, p. 849.
2. Id., t. LXXXII, p. 1043 et p. 1597 (1876).
3. *Wien Akad. Ber.*, t. LXII (janvier 1870).

M. L. Smith[1] a donné une deseription détaillée d'un hydrocarbure sulfuré extrait par lui des rognons graphitiques des fers météoriques soumis simplement à l'aetion dissolvante de l'éther. Cette substanee eristallise en aiguilles incolores, solubles dans l'éther et dans le sulfure de earbone. M. L. Smith a reneontré le même corps eristallin, avee les eomposés carbonifères eités plus haut dans les météorites charbonneuses.

Le même chimiste mentionne également l'existenee d'un eorps, qui ne peut être qu'un sulfhydrocarbure, dans le résidu laissé par la dissolution des fers météoriques par les hydraeides.

Quand ee résidu est entièrement see, il est inodore; mais si on le mouille et si on le dissout dans une petite quantité d'eau, il se développe une odeur forte d'*assa fœtida;* desséché de nouveau au bain-marie, il ne répand plus aucune odeur; l'addition d'un peu d'eau développe l'odeur. Cette expérience peut se répéter douze fois sur la même matière; on n'est même jamais arrivé au point où l'odeur devient impereeptible. Ces eomposés sulfurés sont en trop petite quantité pour qu'on puisse établir leur véritable nature, mais on peut présumer qu'ils appartiennent à des matières telles que l'hydrate sulfuré d'éthyle ($C^4H^6S^4$) et le quintisulfure d'éthyle ($C^4H^6S^5$).

Avant de ranger définitivement ces substances parmi les minéraux météoritiques il importera de s'assurer que les réactifs employés pour leur isolement n'ont pas collaboré à leur production.

FERS NICKELÉS.

La masse générale des fers météoriques, que l'on peut désigner sous le nom de *fer nickelé,* consiste essentiellement en un alliage de fer et de nickel contenant des quantités variables et toujours très faibles de cobalt, de manganèse, de chrome, de cuivre, d'étain, d'aluminium, de magnésium, etc. Cette masse, loin d'être homogène, résulte de la réunion en proportion variable de différentes substances, possédant des compositions parfaitement définies mais dont la réunion naturelle présente eependant un certain nombre de propriétés générales dont l'étude n'est pas dénuée d'intérêt.

Propriétés physiques. — Parmi ees propriétés qui sont plutôt du ressort de la physique, celles qui m'ont surtout arrêté sont relatives à la passivité du fer météorique. On sait déjà depuis longtemps que certains fers météoriques n'opèrent pas la préeipitation du euivre dans la solution sulfurique duquel on les plonge. C'est par exemple ee que M. Martius a constaté[2] pour le fer de Bemdego (Brésil) et M. Taylor[3] pour celui d'Octibbeha County (Mississipi). J'ai reeonnu de mon côté la même propriété chez le fer de Chareas (Mexique) qui, eomme les précédents, peut être qualifié de *naturellement passif.*

1. *Comptes rendus*, t. XLII, p. 1042 (1876).
2. *Annalen der Physik und Pharmacie*, t CXV, p. 92, 1861.
3. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXIV, p. 293.

On n'a pas attaché à ce fait toute l'importance qu'il me paraît avoir. Il convient avant tout, en effet, de bien remarquer que cette passivité est d'une espèce absolument différente de celle que peuvent présenter les divers fers terrestres à la suite de certaines préparations. Celle-ci est essentiellement *superficielle* et due, à n'en pas douter, à la présence d'une couche extrêmement mince, d'une substance protectrice; aussi, suffit-il d'une simple écorchure pour voir la passivité cesser. Au contraire, la passivité des fers météoriques vis-à-vis du sulfate de cuivre est *interne;* elle appartient en quelque sorte à chaque molécule et par conséquent les sections, les polissages et autres opérations mécaniques ne peuvent lui porter aucune atteinte.

Une lame du fer météorique de Charcas étant bien lavée à l'alcool puis à l'éther, de façon à enlever tout corps gras, reçoit une goutte de sulfate de cuivre : on n'observe aucune précipitation métallique. Au bout de quelques heures tout le liquide est évaporé et le fer porte des cristaux bleus de sulfate de cuivre.

J'ai obtenu les mêmes résultats avec le nitrate de cuivre, le nitrate d'argent et le nitrate de mercure.

Au contraire, on a observé une précipitation instantanée avec le chlorure de platine, le chlorure d'or, le bichlorure de mercure, le chlorure de cuivre, etc. Je reviendrai sur les résultats obtenus dans ces expériences.

A chaud le sulfate de cuivre dépose du cuivre sur le fer de Charcas.

A côté de la passivité vis-à-vis des sels métalliques doit se placer la passivité vis-à-vis des acides. Comme les fers terrestres, les fers météoriques deviennent passifs quand on les plonge dans l'acide azotique fumant, et cela à la suite d'une légère attaque superficielle rendue ici bien plus nettement sensible que dans le cas des fers terrestres par suite de l'apparition des figures de Widmanstætten dont il va être question.

Il n'y a pas lieu de revenir sur les causes probables de la passivité du fer, mais j'insisterai sur ce fait, qu'il existe au point de vue de la passivité, mais bien entendu à ce point de vue seulement, une grande analogie entre les *fers météoriques* et les *aciers terrestres*.

M. Saint-Edme, dans un intéressant travail sur la passivité de l'acier, disait[1] : « Quand on plonge une tige d'acier dans de l'acide azotique ordinaire (marquant 36° Baumé, ayant une densité de 1.34), il se manifeste autour du métal un bouillonnement rapide et tumultueux, indiquant une première action très vive de la part de l'acide, mais au bout d'un temps très court, en général de 20 secondes, le dégagement de gaz cesse subitement, l'acier devient passif. Une tige de fer placée dans les mêmes conditions est attaquée d'une manière continue. Tous les aciers anglais, allemands, fondus, forgés, etc., donnent lieu au même phénomène et la réaction est si nette qu'on peut l'invoquer comme un caractère distinctif parfaitement rigoureux de l'acier. » A ce compte et en employant la méthode de M. Saint-Edme, le fer de Charcas serait, comme on va voir, rangé d'emblée parmi les aciers.

La plupart de mes expériences ont été faites avec de très minces copeaux de fer obtenus en tournant un petit bloc qui fut ainsi transformé en sphère. Ces

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. t. LII, p. 930 1861.

copeaux sont habituellement contournés en hélice ; leur surface est très nette et se prête parfaitement aux expériences. Un pareil copeau placé dans l'acide azotique à 36° devient presque instantanément passif. Si l'on vient à le toucher avec un fil de fer ordinaire, l'attaque se manifeste aussitôt, ainsi qu'on devait s'y attendre.

Toutefois, le phénomène de passivité n'a lieu qu'autant que le copeau est bien net, c'est-à-dire bien exempt de toute partie oxydée. Dans le cas contraire, on observe la dissolution totale comme s'il s'agissait de fer ordinaire. J'ai d'ailleurs constaté des faits identiques pour l'acier terrestre. Ayant plongé dans l'acide azotique à 36° un fragment d'aimant d'acier fibreux et fendillé dont les fentes contenaient un peu d'oxyde, je l'ai vu se dissoudre rapidement d'une manière totale. De même une lame du fer de Charcas contenant des parties oxydées s'est complètement dissoute dans l'acide ordinaire.

Pendant cette dissolution et surtout pendant celle du fer de Caille placé dans les mêmes conditions, j'ai observé un phénomène remarquable. La surface du fer se montrait alternativement nette et brillante ou bien enduite d'une couche sirupeuse brune qui s'étendait sur elle à la façon d'un voile et disparaissait de même. Ces alternatives régulières, donnant l'idée d'oscillations isochrones, ne me paraissent pas avoir été signalées et mériteraient sans doute d'être étudiées d'une manière spéciale.

L'influence des parties oxydées s'est montrée d'une manière bien nette dans l'expérience suivante : Dans de l'acide azotique à 36° on met un morceau de fer ordinaire ; l'attaque a lieu très vive, comme d'habitude. Après un certain temps, on retire le fer et on le remplace par un copeau météorique. Celui-ci, contrairement à ce qu'on avait vu d'abord, est violemment attaqué et se dissout intégralement.

Voici, je crois, l'explication de ce fait : pendant que le fer se dissout dans l'acide azotique, il se désagrège, et certaines portions sont entraînées dans le liquide où elles flottent sous l'influence des courants gazeux et liquides. Si ces petits grains métalliques viennent à toucher le fragment de fer passif, ils lui font, d'après le résultat d'une expérience bien connue, perdre instantanément sa passivité et déterminent par conséquent sa dissolution.

A l'appui de cette manière de voir, je me suis assuré que la dissolution ferrugineuse dont je viens de parler, perd au bout de peu de temps la faculté de dissoudre à froid le fer météorique : c'est lorsque les dernières parcelles métalliques se sont enfin dissoutes.

Il faut admettre aussi que l'oxydation détermine une désagrégation de même genre et que des grains oxydés peuvent dans certains cas, par le fait seul de leur contact, rendre la passivité impossible, et c'est ainsi que j'explique la dissolution dans l'acide azotique à 36° de l'acier et des copeaux météoriques partiellement oxydés.

Cette analogie, intime sous le rapport de la passivité, entre le fer météorique et l'acier terrestre, m'a conduit à penser que la passivité spéciale qu'ils présentent est due à une même cause, et je crois devoir dire un mot des expériences que j'ai tentées en vue de trouver l'explication du phénomène, bien que mes prévisions n'aient point été réalisées.

Frappé de ce fait que le fer de Lenarto renferme, d'après M. Graham, les mêmes

gaz, retenus par occlusion, que les aciers terrestres, et influencé par l'idée que j'ai développée ailleurs[1] que la passivité est due à une influence réductrice, j'ai remarqué que les gaz des métaux en question sont des gaz réducteurs, et je me suis demandé s'ils ne sont pas précisément cause de la passivité spéciale de l'acier.

J'ai donc pris des barreaux d'acier et j'ai privé ces barreaux des gaz qu'ils renfermaient en les chauffant, suivant la méthode de M. Graham, dans un tube en rapport avec une machine pneumatique. Contre mon attente, les barreaux n'étaient pas modifiés après l'expérience et possédaient le même degré de passivité. Malgré cet insuccès, je pense qu'il y aurait lieu de revenir sur cette question.

Il faut ajouter que la ressemblance qui vient d'être signalée entre le fer de Charcas et l'acier ne se soutient pas relativement à la force coercitive. Le fer météorique dont il s'agit n'a guère plus de force coercitive que le fer doux. Il faut, pour l'aimanter, faire usage d'un aimant ou d'un électro-aimant très énergique : encore a-t-on quelquefois de la peine à y reconnaître des pôles. Dans de premières expériences, j'avais conclu à l'absence de toute force coercitive chez ce fer[2].

Avant de quitter ce sujet, je veux indiquer une expérience qui montre bien jusqu'à quel point la passivité vis-à-vis les acides et la passivité vis-à-vis les sels métalliques sont différentes. On mouille une lame de fer météorique avec une dissolution de sulfate de cuivre, et aucune précipitation n'a lieu. Cela fait, et sans essuyer le métal, on le plonge dans l'acide azotique fumant : à l'instant on observe un cuivrage très adhérent. C'est peut-être sous l'influence de l'acide sulfurique mis en liberté que la passivité a cessé un instant.

Analyse des fers nickelés. — En ce qui concerne l'*analyse chimique* des fers météoriques, il convient de reproduire ici le procédé mis en pratique par Rivot[3] :

Cette analyse, dit le savant chimiste, présente de grandes difficultés, elle exige des opérations nombreuses et très longues.

Les résultats sont toujours assez incertains, d'abord parce qu'il s'agit de déterminer des quantités très faibles de différents métaux, dont les séparations ne se font pas avec netteté, ensuite et principalement parce qu'il faut diviser l'analyse en plusieurs parties, faites sur des fragments différents.

Il est bien certain que les fers météoriques ne sont pas homogènes ; chacun des résultats partiels répond seulement au fragment sur lequel on a opéré.

Pour obtenir un échantillon moyen, il faudrait limer 25 ou 30 grammes du fer météorique, et s'exposer, en opérant ainsi, à mélanger une proportion appréciable d'acier provenant de la lime, avec la matière dont il s'agit de déterminer la composition. On doit peut-être attribuer à l'emploi de la lime la petite quantité de carbone qui a été signalée dans le fer météorique de Zacatecas et dans quelques autres masses analogues.

A l'aide d'un ciseau trempé très dur, on détache un très grand nombre de très

1. *Expériences sur la passivité du fer*, juillet 1867.
2. *Études sur les météorites*, p. 32, 1867.— Voir plus loin, les particularités relatives au magnétisme du fer de Sainte-Catherine.
3 *Docimasie*, t. III, p. 414.

petits fragments de la masse; on observe avec attention si le tranchant de l'outil se casse, et, dans ce cas, on recherche avec soin les éclats, afin de ne pas les mélanger avec le fer météorique lui-même. Les petits fragments sont ensuite mélangés de manière à produire une espèce de sable d'une homogénéité relative. De cette manière on prélève les poids qui sont nécessaires pour les diverses recherches chimiques. Les principales séries d'opérations sont les suivantes :

1° *Recherche des métaux.* — On attaque 5 ou 6 grammes de la matière par l'acide chlorhydrique. L'hydrogène qui se dégage entraîne le soufre, le phosphore, l'arsenic. On n'a pas à tenir compte de ces métalloïdes dans cette partie de l'analyse. Lorsque, après douze heures d'action de l'acide chlorhydrique, la dissolution des métaux n'est pas complète, on ajoute quelques gouttes d'acide azotique et on fait chauffer à l'ébullition.

Nous admettons que la matière métallique se dissout en totalité.

La liqueur chlorhydrique contient, ou du moins peut contenir, fer, nickel, cobalt, manganèse, chrome, cuivre, magnésium. On l'étend d'eau et on y fait arriver un courant un peu rapide d'hydrogène sulfuré. On bouche la fiole lorsque la liqueur est saturée de gaz, et on laisse en repos pendant douze heures. Après ce temps, on filtre, et on lave à l'eau bouillante le filtre et le précipité.

Il ne peut y avoir sur le filtre que du soufre et du sulfure de cuivre. Le seul corps à doser est le cuivre. On sèche le filtre, on le brûle dans une petite capsule de porcelaine avec les matières qu'il contient. La présence du cuivre est indiquée par un résidu noir, adhérant à la couverte de la porcelaine. Il convient cependant de démontrer d'une manière plus certaine que ce résidu est du cuivre (oxyde et sulfate produits par le grillage du sulfure). On le traite par quelques gouttes d'acide azotique. Lorsque le résidu noir a disparu dans l'acide, on ajoute un peu d'eau, ensuite de l'ammoniaque.

La coloration bleue de la liqueur ammoniacale est la preuve à peu près certaine de la présence du cuivre; on reconnaît aisément à l'intensité de la couleur bleue s'il est possible de déterminer la proportion du métal. Dans ce dernier cas, on précipite de nouveau le cuivre à l'état de sulfure par le sulfhydrate d'ammoniaque, et on le pèse à l'état de sulfure Cu^2S, chauffé au rouge sombre à l'abri du contact de l'air. Généralement le cuivre est en quantité trop faible pour qu'on puisse le peser; mais on peut évaluer approximativement sa proportion d'après la coloration de la liqueur ammoniacale.

La liqueur acide filtrée contient de l'hydrogène sulfuré; elle est rendue louche par du soufre très divisé, provenant de la décomposition du réactif. On chauffe pour chasser l'hydrogène sulfuré; on ajoute ensuite une certaine quantité d'acide acétique, et on sature à peu près complètement les acides par l'ammoniaque. On obtient ainsi une dissolution faiblement acidulée, ne contenant pas d'autre acide libre que l'acide acétique.

On fait arriver de l'hydrogène sulfuré en grand excès, on bouche la fiole, et on laisse en repos pendant vingt-quatre heures. Le nickel et le cobalt sont en totalité précipités à l'état de sulfures; le fer l'est seulement en partie, le manganèse, le chrome, le magnésium, une partie du fer restent dissous. On lave les sulfures par décantation, en employant de l'eau chargée d'hydrogène sulfuré. Le lavage sur le

filtre serait très difficile, en raison de la facilité avec laquelle le sulfure de fer s'altère au contact de l'air.

Traitement du précipité. — Les sulfures sont dissous par l'acide chlorhydrique, auquel il est bon d'ajouter quelques gouttes d'acide azotique, les sulfures de nickel et de cobalt n'étant pas facilement attaqués par l'acide chlorhydrique seul. On chauffe pour chasser l'hydrogène sulfuré et pour rassembler le soufre. On sépare ce dernier par filtration. Dans la liqueur chlorhydrique le fer se trouve à peu près en totalité à l'état de protoxyde. On le fait passer à l'état de peroxyde au moyen du chlore ou de l'acide azotique. On précipite ensuite le peroxyde de fer par l'ammoniaque.

Les oxydes de cobalt et le nickel sont presque entièrement dissous; on peut même les enlever en totalité au peroxyde de fer en lavant longtemps cet oxyde avec de l'eau chargée d'ammoniaque; mais il est préférable d'opérer de la manière suivante : Le peroxyde de fer est lavé deux fois par décantation, puis dissous dans l'acide chlorhydrique et précipité de nouveau par l'ammoniaque. Ce second précipité est reçu sur un filtre et lavé pendant quelque temps avec de l'eau ammoniacale. Il ne retient plus alors qu'une proportion tout à fait négligeable des oxydes de nickel et de cobalt. On pèse le peroxyde de fer après calcination.

C'est là un dosage partiel; une portion du fer est restée dans la liqueur acétique, dans laquelle on a fait passer l'hydrogène sulfuré.

On concentre un peu les liqueurs ammoniacales très étendues, qui renferment le nickel et le cobalt; on précipite les deux oxydes par la potasse, on les pèse ensemble après calcination; on cherche ensuite à faire la séparation des deux oxydes.

La liqueur acétique contient une partie du fer, la totalité du manganèse, du chrome, du magnésium. On ajoute un peu d'acide tartrique, on fait arriver un courant d'hydrogène sulfuré, et on sature peu à peu les acides par l'ammoniaque. Le fer et le manganèse sont entièrement précipités à l'état de sulfures, tandis que le chrome et le magnésium restent dissous.

On bouche la fiole, et on attend que les sulfures soient parfaitement rassemblés; on décante la liqueur claire, on la remplace par de l'eau chargée d'un peu de sulfhydrate et de quelques centigrammes d'acide tartrique; on agite et on laisse de nouveau les sulfures se déposer, on décante une fois. Il n'y a pas lieu de pousser plus loin le lavage des sulfures de fer et de manganèse, car les fers météoriques contiennent seulement des quantités très faibles, souvent même des traces impondérables de chrome et de magnésium.

Traitement des sulfures. — Les deux sulfures sont dissous dans l'acide chlorhydrique, l'hydrogène sulfuré est chassé par la chaleur; le soufre est séparé par filtration; le fer est peroxydé par le chlore ou par l'acide azotique; le peroxyde de fer est ensuite précipité par l'ammoniaque : il entraîne la totalité de l'oxyde de manganèse. Les deux oxydes sont enfin pesés ensemble. Il faut constater la présence du manganèse en faisant chauffer l'oxyde de fer avec de l'azotate de potasse, du carbonate de soude et de la potasse caustique.

En traitant par une dissolution faible de potasse la matière fondue au creuset

de porcelaine ou au creuset d'argent, on obtient presque toujours une coloration verte, à peine sensible, indiquant seulement des traces de manganèse. Dans ce cas, on peut faire la somme des deux poids trouvés pour le peroxyde de fer, et calculer la proportion en négligeant le manganèse.

Si, au contraire, la recherche qualitative dont nous venons de parler indiquait la présence d'une quantité dosable de manganèse, il faudrait recommencer toute la série des opérations sur un poids un peu plus fort de fer météorique, et chercher à faire la séparation de deux métaux, fer et manganèse.

Chrome et magnésium. — Les deux métaux sont contenus dans une liqueur qui renferme des acides chlorhydrique, acétique, tartrique, de l'ammoniaque et du sulfhydrate d'ammoniaque. On décompose le sulfhydrate par l'acide chlorhydrique, on chasse l'hydrogène sulfuré par la chaleur, on sépare le soufre par filtration. On évapore ensuite à siccité, et on calcine progressivement le résidu jusqu'au rouge sombre; la fin de la calcination doit être faite sous le moufle, afin que le charbon produit par la décomposition de l'acide tartrique puisse être brûlé complètement. Il ne peut plus rester dans la capsule que le chrome et le magnésium, en partie à l'état de chlorures.

L'aspect et le volume du résidu de la calcination indiquent s'il convient de pousser plus loin les opérations. Il faut distinguer plusieurs cas différents.

1° Le résidu, très peu abondant, presque impondérable, est coloré en vert; il contient certainement du chrome; on doit chercher s'il renferme en outre des traces d'un métal alcalin terreux.

2° Le résidu, très faible comme dans le premier cas, n'est pas sensiblement coloré; il s'agit seulement de reconnaître la nature du métal alcalin terreux contenu dans le fer météorique.

3° et 4° Le résidu est appréciable, coloré en vert ou incolore. Nous ne nous arrêterons pas aux deux premiers cas. Dans le troisième, on cherche à doser seulement les terres alcalines; pour déterminer le chrome, il convient de recommencer une autre série d'opérations sur une quantité plus grande de fer météorique.

On traite le résidu calciné par l'acide chlorhydrique un peu étendu et à une température modérée; l'acide dissout aisément la totalité des terres alcalines et laisse insoluble la moyenne partie de l'oxyde de chrome. On verse de l'ammoniaque dans la liqueur acide; on sépare par filtration le précipité très léger d'oxyde de chrome, et on néglige la petite portion des terres alcalines qu'il peut entraîner; on ajoute successivement, dans la liqueur ammoniacale, de l'oxalate d'ammoniaque et du phosphate de soude; on pèse, s'il y a lieu, les précipités que produisent ces réactifs.

Jusqu'à présent on n'a trouvé que du magnésium dans les divers échantillons de fer météorique qui ont été analysés.

En tenant compte du nombre et de la longueur des opérations qu'on est obligé de faire avant de peser le phosphate de magnésie, en ayant égard à l'impureté possible, sinon probable, des réactifs, on doit être convaincu que les nombres indiqués pour le magnésium sont seulement des approximations. On ne doit pas même admettre comme rigoureusement prouvée la présence de ce métal alcalin terreux dans le fer météorique.

Pour déterminer le chrome, on attaque de 8 à 10 grammes de l'échantillon proposé par l'eau régale, on traite la liqueur par l'ammoniaque ; on recueille le précipité sur un filtre; on le sèche à 100 degrés ; on le calcine au rouge vif, en prenant les mêmes précautions que s'il s'agissait de peser le peroxyde de fer. L'oxyde de chrome se trouve en entier dans le précipité : on pulvérise la matière calcinée et on la soumet à l'action de l'hydrogène pur et sec, au rouge très vif. L'action du réductif doit être prolongée pendant plusieurs heures, car il faut ramener à l'état métallique un poids assez fort de fer oxydé. Après refroidissement dans l'hydrogène on traite par l'eau régale très étendue ; tout se dissout, à l'exception de l'oxyde de chrome, qui a perdu par calcination sa solubilité dans les acides faibles.

On pèse l'oxyde calciné, et on calcule d'après son poids la proportion du chrome.

On doit utiliser cette dernière série d'opérations pour constater l'absence du silicium dans le fer météorique après l'attaque par l'eau régale et la précipitation par l'ammoniaque, la silice se trouve entièrement avec l'oxyde de fer; elle devient, comme l'oxyde de chrome, insoluble dans les acides par la calcination longtemps prolongée dans le gaz réductif; elle reste dans la partie non dissoute par l'eau régale très étendue, soit à l'état de silice libre, soit à l'état de silicate d'oxyde de chrome. C'est donc dans cet oxyde qu'il faut chercher la silice.

Nous devons dire cependant que la silice ne se trouve peut-être pas en totalité avec cet oxyde : en effet, dans le cas où le fer météorique contient de faibles proportions de calcium ou de magnésium, il peut se former, pendant la calcination dans l'hydrogène, des silicates de terres alcalines, qui sont au moins partiellement dissous par l'eau régale faible. On a toujours, même dans ce cas spécial, la majeure partie de la silice avec l'oxyde de chrome.

Après avoir pesé cet oxyde, on le fait fondre dans un très petit creuset d'argent avec 2 parties de potasse pure, et avec 1 partie d'azotate de potasse : la matière fondue, détachée du creuset, est traitée par l'acide chlorhydrique; la liqueur est évaporée à sec, et le résidu traité par l'acide chlorhydrique. Dans le cas où le fer météorique proposé renferme un peu de silicium, on obtient un résidu de silice. Il est, dans tous les cas, inutile de le peser, car il est impossible de rendre la silice tout à fait insoluble dans l'acide chlorhydrique en présence d'une proportion, relativement très considérable, de chlorure alcalin.

On ne peut attendre de ces expériences qu'un résultat qualitatif : les causes de perte de silice sont, de plus, tellement importantes, qu'on n'est pas en droit de conclure l'absence du silicium lorsque l'acide chlorhydrique ne laisse aucun résidu. On peut seulement affirmer que si le fer météorique contient du silicium, il en renferme trop peu pour qu'on puisse le mettre en évidence par les opérations que nous venons d'indiquer.

2° *Recherche du soufre.* — Il faut consacrer 4 ou 5 grammes de matière à la recherche du soufre. On traite par l'acide chlorhydrique un peu concentré, et on fait passer les gaz dans une dissolution ammoniacale de chlorure de cuivre. Lorsqu'il se forme un précipité dans cette dissolution, il faut le laver par décantation, l'attaquer ensuite par l'eau régale bouillante, et précipiter l'acide sulfurique par le chlorure de baryum.

L'hydrogène sulfuré qui se produit par l'action de l'acide chlorhydrique est dissé-

miné dans un volume relativement énorme d'hydrogène : on a toujours à craindre qu'une partie du gaz n'échappe à l'action absorbante de la liqueur ammoniacale; il faut cependant conduire le dégagement du gaz avec une certaine rapidité, afin de soustraire l'hydrogène sulfuré au contact de l'air contenu dans l'appareil. C'est là, du reste, la principale cause d'erreur que présente cette méthode. Il est assez facile de doser exactement le soufre qui s'est déposé à l'état de sulfure de cuivre.

Les autres méthodes proposées pour le dosage du soufre donnent, dans le cas actuel, des résultats encore moins certains.

3° *Recherche de l'arsenic.* — On attaque par l'eau régale de 1 à 2 grammes de fer météorique, on étend de beaucoup d'eau, on sature par l'ammoniaque. Le précipité est très volumineux, et contient certainement la totalité de l'arsenic à l'état de sous-arséniate de peroxyde de fer. Après l'avoir bien lavé à l'eau bouillante et par décantation, on le reçoit sur un filtre, on sèche à 100 degrés; on sépare le mieux possible le précipité du papier. On peut, sans erreur appréciable, négliger la petite quantité de matière qui reste attachée au papier. On pulvérise le précipité desséché, on le traite par l'acide sulfurique pur, en évitant d'employer un excès d'acide.

Lorsque tout l'oxyde de fer a passé à l'état de sulfate, on étend d'eau et on fait arriver un courant d'acide sulfureux. En agissant ainsi on a pour objet de ramener le peroxyde de fer à l'état de protoxyde; lorsqu'on pense avoir atteint ce résultat, on chasse l'acide sulfureux par la chaleur et on essaye la liqueur sulfurique dans l'appareil de Marsh. S'il se produit des taches arsenicales appréciables sur la porcelaine, on cherche à évaluer la proportion de l'arsenic d'après l'intensité de ces taches et d'après la rapidité avec laquelle elles se produisent.

Pour faire cette appréciation, il est indispensable d'entreprendre toute une série d'expériences sur des poids connus d'acide arsénieux, en se plaçant dans des conditions identiques avec elles dans lesquelles les opérations ont été faites pour le fer météorique. Il faut dissoudre dans l'eau régale des poids de fer métallique pur, égaux entre eux et égaux au poids du fer météorique employé; on doit ajouter l'acide arsénieux dans ces dissolutions, précipiter par l'ammoniaque; traiter les précipités par l'acide sulfurique, et faire passer l'acide sulfureux dans ces dissolutions, avant de les introduire dans l'appareil de Marsh.

L'emploi de l'acide sulfureux est ici de toute nécessité; sans lui on aurait dans l'appareil une quantité de peroxyde de fer très grande : le dégagement de l'hydrogène arsénié aurait lieu avec une lenteur telle qu'on obtiendrait difficilement des taches arsenicales comparables.

4° *Recherche du phosphore.* — Il n'est pas possible d'obtenir pour le phosphore des résultats aussi certains que ceux auxquels on arrive pour l'arsenic. L'incertitude relativement au phosphore est la conséquence inévitable de la longueur des opérations qu'on est obligé de faire. On attaque de 4 à 5 grammes de fer météorique par l'eau régale; on étend de beaucoup d'eau, et on traite par l'ammoniaque et par le sulfhydrate d'ammoniaque. On bouche la fiole, et on laisse en repos pendant plusieurs jours, afin de laisser au sulfure de fer le temps de se déposer entièrement. On filtre et on lave les sulfures métalliques avec de l'eau chargée de sulfhydrate. La liqueur filtrée contient une partie seulement de l'acide phospho-

rique, même dans les cas où le fer météorique ne renferme que des traces impondérables de chrome et de métaux alcalins terreux : le précipité de sulfures métalliques est trop volumineux pour qu'on puisse le laver complètement. La liqueur sulfhydratée renferme d'ailleurs une proportion assez grande de sulfure de nickel.

On décompose le sulfhydrate par l'acide chlorhydrique très étendu, en évitant avec soin de mettre un excès d'acide; le sulfure de nickel se précipite en totalité : quand il est bien rassemblé, on filtre ; on chauffe la liqueur filtrée pour chasser l'hydrogène sulfuré, et on filtre de nouveau.

On cherche l'acide phosphorique dans la liqueur. Comme l'acide est certainement en quantité extrêmement faible, il faut concentrer le liquide par évaporation, saturer l'acide par l'ammoniaque, et verser un peu de sulfate de magnésie ammoniacal. Lorsqu'il se produit un précipité de phosphate double, il adhère en totalité aux parois de la fiole : il n'est pas possible de le peser exactement, il faut se fixer à une évaluation approximative.

La recherche du phosphore est donc seulement qualitative ; de plus, le résultat est incertain, soit qu'il se produise un précipité appréciable de phosphate double de magnésie et d'ammoniaque, soit que le sulfate de magnésie ammoniacal ne donne lieu à aucune trace de précipité.

Il y a incertitude dans le premier cas, parce qu'on a dû employer une préparation très grande de sulfhydrate, et que ce réactif renferme très fréquemment des traces d'acide phosphorique. Pour lever tous les doutes, il faut préparer au laboratoire le sulfhydrate qui doit être employé, avec de l'ammoniaque parfaitement pure, ou bien essayer le réactif livré par les fabricants, en opérant sur un volume égal à celui dont on s'est servi dans l'analyse.

Dans le second cas, lorsqu'il ne s'est pas formé de précipité, l'incertitude provient principalement du chrome, du magnésium, etc., que peut contenir le fer météorique. Ces métaux ne forment pas de sulfures par voie humide, et leurs oxydes donnent des phosphates insolubles dans l'ammoniaque.

D'après les observations que nous avons présentées, on peut reconnaître assez nettement une quantité très faible de chrome dans le fer météorique, mais de faibles proportions de métaux alcalins terreux, notamment de magnésium, échappent très aisément aux recherches chimiques; il est même tout à fait impossible de les constater lorsque le fer météorique contient un peu de phosphore. Il résulte de là que, pour le phosphore et pour le magnésium, les résultats négatifs obtenus dans les expériences n'indiquent pas nettement l'absence de ces corps dans l'échantillon proposé.

Types minéralogiques a établir parmi les fers nickelés. — Les études dont on a eu précédemment les principaux résultats, ont donné quelques notions positives sur le nombre, sur la nature et même sur la proportion relative des principes immédiats dont le mélange constitue les fers météoriques.

Mais il y a lieu de se demander si ces principes immédiats sont mêlés sans aucun ordre dans les masses météoriques ou si, au contraire, une loi déterminée préside à leur arrangement. Et plutôt comme nous savons déjà, d'une manière générale, que cette loi de position existe, il y a lieu de chercher à préciser en quoi elle consiste, et dans ce but, de soumettre la structure des fers météoriques à une étude spéciale.

Avant tout, je ferai remarquer que l'existence d'un ordre déterminé présidant à l'arrangement des minéraux constituants, fait des fers météoriques des roches tout à fait à part. Dans les roches terrestres, en effet, à part l'exception peut-être unique de la pegmatite graphique, nous voyons d'ordinaire les minéraux mêlés pour ainsi dire au hasard ; ainsi, dans le basalte, les cristaux de l'une des substances constituantes sont indistinctement en contact avec les cristaux de toutes les autres. Dans les fers météoriques, il est loin d'en être ainsi, et il suffit en général d'une observation superficielle pour se convaincre de l'existence dans les masses d'une ordonnance générale, suivant laquelle tous les éléments sont distribués.

Le fer de Caille (fig. 3) nous en fournit un bel exemple.

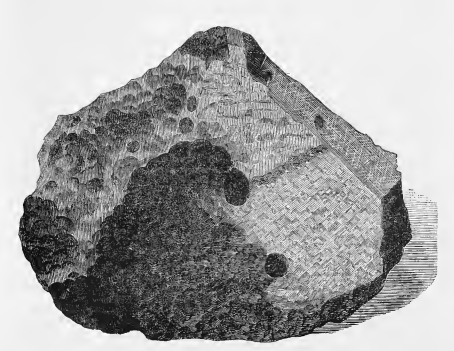


Fig. 3. — Bloc de fer météorique découvert en 1828 à Caille, Alpes-Maritimes, et exposé dans la galerie de géologie du Muséum. $\frac{1}{6}$ des dimensions naturelles.

Si l'on examine l'échantillon principal qui pèse comme on sait 625 kilogrammes et qui est exposé dans la galerie de géologie du Muséum, on constate qu'il est profondément marqué au sceau de la cristallisation. La grande face plane de 50 centimètres en tous sens qu'il présente, est évidemment un *clivage*, produit artificiellement par les outils de forgeron dont on y voit les traces [1] et l'on reconnaît à sa

1. On s'est parfois mépris sur la signification de ce magnifique clivage et il me paraît indispensable d'insister sur l'interprétation que j'en donne ici. De tous côtés le fer de Caille porte la trace d'outils (marteaux et ciseaux) et on reconnaît en plusieurs points que des lopins en ont été arrachés. Le fait n'a d'ailleurs rien de surprenant quand on sait que la météorite est restée au moins 200 ans sur la place de Caille où, d'après Brard, elle était connue sous le nom populaire de *Pierre de fer*. Le

surface une nombreuse série de triangles équilatéraux, tous alignés parallèlement entre eux, de manière à former un réseau régulier. Ces triangles témoignent de la structure octaédrique de la masse, fait qui contraste avec la structure cubique habituelle du fer terrestre, et font voir en même temps l'orientation tout à fait uniforme de ses joints. La dernière circonstance prouve même que, non seulement la partie qui offre cette disposition est cristallisée, mais qu'elle représente un fragment d'un cristal unique et de dimensions gigantesques. Cet exemple est loin d'être unique parmi les fers météoriques, mais on ne lui trouve rien d'analogue parmi les roches terrestres : on ne saurait trop insister sur ce point qui fait des masses qui nous occupent une sorte d'intermédiaire entre les minéraux et les roches. Elles ont des premiers les caractères géométriques, et des autres la composition complexe.

La matière métallique dont je viens d'indiquer les propriétés les plus générales n'est pas homogène ; elle consiste dans le mélange en proportions diverses d'alliages parfaitement définis de fer et de nickel dont les principaux ont reçu les noms de kamacite, de tænite, de plessite, de lamprite, d'octibbehite, etc.

Reichenbach[1] a étudié comparativement les divers fers nickelés ; mais les distinctions qu'il a proposées de faire entre son *balkeneisen*, son *bandeisen*, son *fulleisen*, son *wulsteisen*, son *glanzeisen*, ne paraissent pas toutes très nettes.

Il sera très intéressant néanmoins de résumer ici, à l'égard des divers fers nickelés, les observations du célèbre chimiste. J'ai même cru utile, bien qu'ayant fort souvent des opinions différentes, de faire de ses *conclusions* une traduction littérale.

« Nous pouvons, dit-il, résumer ce qui précède par les propositions suivantes :

« 1. Le fer météorique se désagrège en plusieurs combinaisons métalliques à base de fer, renfermant du nickel, du cobalt et d'autres métaux.

« 2. Mis en séjour avec les acides, ces alliages deviennent visibles sur une surface de section préalablement polie.

« 3. Trois surtout de ces combinaisons sautent aux yeux et forment une sorte de trias.

« *Kamacite.* — 4. Le membre le plus important de ce trias est un fer gris clair, développé en formes cristallines bacillaires, nommé *balkeneisen* ou kamacite. Sur celui-ci est placée la série des couches d'un fer lamellaire couleur vert isabelle, et sur ce dernier apparaît la masse du fer qui remplit les intervalles : c'est de ces trois membres que se compose le trias.

« 5. Le balkeneisen considéré seul montre, quand il est corrodé par les acides, des lignes droites parallèles comme séparant des feuilles ; c'est la conséquence de sa structure cristalline.

« 6. Les surfaces métalliques corrodées prennent l'apparence des rainures d'une fine lime à acier ou d'une plaque métallique guillochée.

« 7. Elles apparaissent se croisant en plusieurs systèmes et miroitent avec un aspect changeant, dans plusieurs directions à la lumière.

forgeron devait être bien tenté d'utiliser cette masse sans propriétaire et on peut croire qu'elle eût disparu si son extraction eût été plus facile et si sa malléabilité et sa forgeabilité eussent été plus grandes.

1. *Poggendorff's Annulen*, t. CXIV, p. 99, 250, 264 et 477.

« 8. Les individualités cristallines auxquelles elles appartiennent sont tantôt entrelacées les unes avec les autres, tantôt formées ensemble en macles.

« 9. La kamacite offre des aspects variables dans les diverses météorites :

« A. Quand elle trouve une base sur laquelle elle peut se surcristalliser, elle la suit et se moule sur tous ses angles. Sur la surface opposée, qui est tournée vers le dehors, la surface a une apparence noueuse et *saucissonneuse;*

« B. Quand elle ne trouve aucune base et qu'elle s'est développée sans empêchement dans la masse, elle se forme en longues baguettes cristallines qu'on a observées jusqu'à 1 pied de long, 1 pouce de large et 2 ou 3 lignes d'épaisseur. Elles sont presque toujours associées aux autres membres du trias et réunies en plus grosses masses par la répétition multiple de ces derniers : comme par exemple dans le fer de Bemdego qui forme une masse de 170 quintaux ;

« C. Quand l'espace est très étroit, on voit la kamacite apparaître seule.

« Le cas A a lieu dans tout le groupe de Pallas où la kamacite repose exclusivement sur des cristaux de péridot arrondis, suit leurs formes sphériques jusque dans le sommet de leurs angles et dessine pour ainsi dire des lignes de fortifications qui sont développées sous une forme en général irrégulièrement courbe. Ce cas a lieu aussi dans les météorites du groupe de Widmanstætten[1] lorsque des corps étrangers s'y sont introduits par hasard ; la kamacite s'est surcristallisée sur eux et les a enveloppés; ces corps étrangers paraissent s'être accrus subitement dans toute la masse du fer météorique à la fois.

« Le cas B a lieu dans toutes les météorites petites ou grandes de tout le groupe de Widmanstætten et en partie aussi dans le groupe de Pallas, particulièrement dans le fer de Steinbach. Il se reproduit aussi dans les fers de Braunau et de Claiborne qui consistent presque entièrement en kamacite.

« Le cas C a lieu dans les parties métalliques des météorites pierreuses. Çà et là on y rencontre de petits rognons métalliques sur lesquels le trias a son empire, par exemple : Blansko, Klein-Wenden, l'Aigle ; mais celle des trois combinaisons métalliques qui domine et de beaucoup, dans les météorites pierreuses, est la kamacite.

« 10. Les baguettes de kamacite se croisent sous des angles qui dépendent de l'octaèdre. Lorsqu'elles se rencontrent, elles ne s'unissent pas, mais elles se courbent et se moulent l'une sur l'autre, et prennent, à cause de cela, un aspect de *saucisses.*

« 11. La kamacite se montre dans beaucoup de météorites et possède probablement une tendance à une subdivision grenue. Des lignes presque microscopiques traversent la surface de cassures et dessinent comme un filet ; même quelques-uns des grains commencent à se désagréger en une sorte de gravier de fer suivant la direction de ces lignes.

« II. *Tænite.* — 1. Les surfaces polies des fers météoriques sont uniformément colorées en gris de fer. Les membres du trias sont entre eux d'une couleur si proche de l'uniformité que l'on ne peut les distinguer à la vue. Si on les met en contact ou en séjour avec les acides ou si on les expose à l'influence du temps

1. V. plus loin la classification des météorites proposée par Reichenbach.

dans l'air, ils se séparent et ils apparaissent en différence de couleur, le premier gris clair, le second jaune isabelle et le troisième gris foncé.

« 2. Des fils délicats jaune isabelle apparaissent sur un fond gris ; ces fils sont formés par des feuilles minces nombreuses qui traversent la masse du fer. Par la désagrégation de quelques parties de météorites, les feuilles se détachent, deviennent libres et peuvent par suite être recueillies ; elles se présentent comme un élément séparé du trias, nommé *bandeisen* ou tænite.

« 3. Le poids spécifique de la tænite du fer de Cosby est 7,428. Les feuilles y ont été trouvées minces comme du papier et mesurant 3 pouces de long et 1 pouce de large. L'analyse y montre dans la composition élémentaire une plus grande quantité de nickel en proportion, que l'on n'en trouve dans le trias analysé ensemble, au-dessus de 13 pour 100.

« 4. Le tænite s'adapte exactement d'un côté à la kamacite, et de l'autre côté elle embrasse la plessite par toute sa surface. Si ce dernier alliage diminue, et finalement, comme cela arrive souvent, disparaît entièrement, la tænite reste comme une double feuille et ses fils apparaissent ensuite dans la cassure comme des lignes doubles tout près d'être rattachées l'une à l'autre pour former un seul corps.

« 5. Son apparence est en forme de lignes courbes dans le groupe de Pallas, essentiellement droites dans le groupe de Widmanstætten, toutes les fois du moins que par occasion j'ai pu les examiner. On la trouve toujours serrée entre la kamacite et la plessite, et jamais en contact du fer sulfuré, du graphite, etc.

« 6. Même dans les fers de maintes météorites pierreuses se trouve de la tænite.

« III. *Plessite*. — 1. La tænite enserre dans la plupart des fers météoriques des espaces en forme de cases qui sont remplis par un alliage de fer particulier appelé ici *fulleisen* ou plessite.

« 2. Il est brillant et on ne peut le distinguer des autres membres du trias avant la corrosion. Après la corrosion, il apparaît ordinairement gris foncé, moins fréquemment gris de fer, parfois gris rougeâtre ou verdâtre. Il est alors sans éclat, entièrement mat, très finement grenu, amorphe et modifié aussi suivant la forme de sa base, qui est la tænite. La règle est que, dans le groupe de Pallas, la plessite est limitée par des surfaces courbes en forme d'arc et que, dans le groupe de Widmanstætten, elle l'est par des surfaces planes qui peuvent cependant être différentes par suite d'accidents particuliers.

« 3. Dans des cas rares, on voit des couches en forme de zone, indiquées par des traces de schistosité gris sur gris.

« 4. La plessite prédomine dans maintes météorites et rejette les deux autres membres du trias tellement au dernier dessous, que les masses de fer consistent alors presque exclusivement en plessite, par exemple le fer du Cap.

« 5. Dans le fer des météorites pierreuses on la rencontre disséminée et rare.

« 6. Les champs de plessite sont fréquemment garnis de faisceaux et de peignes de tænite, même quelquefois entièrement bouchés par ce dernier alliage. Ces faisceaux et ces peignes sont nombreux, en petites feuilles parallèles, les uns à côté

des autres, tantôt visibles à l'œil nu, tantôt délicats jusqu'à des dimensions microscopiques. Ils donnent cependant alors à la plessite une coloration gris rougeâtre. Nous ne possédons pas encore une analyse chimique de la plessite et des peignes précités y renfermés.

« IV. *Lamprite.* — 1. On rencontre fréquemment dans le trias de la kamacite en forme irrégulièrement saucissonnée, ce qui en trouble la structure cristalline.

« 2. Cela est toujours le cas lorsque des corps étrangers paraissent dans le trias, corps qui y sont engagés par hasard.

« 3. La kamacite entoure toute leur surface, les enveloppe, les incruste et croît sans règle avec eux dans le trias dont ils troublent la structure. Cela arrive dans le groupe de Widmanstætten, mais non dans les fers météoriques qui consistent entièrement en kamacite.

« 4. Le groupe de Pallas n'est pas un développement plus élevé des météorites, mais probablement une formation tronquée ou incomplète et forme comme un membre de transition. Ainsi les fers de Tucuman et du Sénégal consistent en kamacite et appartiennent, à cause de cela, au trias ; le fer de Hainholz et les pierres météoriques contiennent principalement de la kamacite.

« 5. Il se trouve fréquemment, interposé dans la kamacite du trias, une combinaison de fer particulière, blanche, qui résiste aux acides étendus et qui, à cause de cela, est brillante ; qui quelquefois joue le rôle d'un accident du trias et rend la kamacite rognonneuse. Cette combinaison nouvelle forme une partie intégrante des fers météoriques et s'appelle *glanzeisen* (fer brillant) ou lamprite.

« 6. On retrouve égale cette lamprite dans la plessite, dans les cas où cette dernière domine de beaucoup. En outre elle accompagne fréquemment le fer sulfuré et le graphite sur la surface desquels elle se pose.

« 7. Sa présence plus abondante caractérise un groupe particulier dans la famille du trias. »

J'ai repris l'étude d'un certain nombre de ces alliages et je suis dans beaucoup de cas parvenu à des résultats fort différents de ceux de Reichenbach. Mon premier soin a été de chercher à réaliser leur séparation mutuelle. J'ai eu pour cela recours à la méthode suivante : Le fer en expérience étant préalablement réduit en poudre au moyen d'une lime fort dure, on l'introduit dans un bain de potasse caustique pure maintenue en fusion tranquille dans un creuset d'argent. Il faut avoir soin que le métal tombe bien au milieu du bain et ne s'attache pas aux parois du creuset, cas dans lequel il s'oxyderait.

Presqu'instantanément on voit l'alcali, jusque-là limpide, se troubler par suite de la présence de flocons grisâtres qui y flottent. Ces flocons proviennent, comme on le verra plus loin, de la décomposition de la pyrrhotine ou troïlite, de la schreibersite, de grains litboïdes, etc., et consistent surtout en oxyde de fer.

Situation relative des fers nickelés; figures de Widmanstætten[1]. — Pour arri-

1. *Gilbert's Annalen*, t. L, p. 257, 1815. — Voyez aussi : *Poggendorff's Annalen*, t. XXXVI, p. 161, 1835, et *Sitzungsberichte der Akademie zu Wien*, t. XXXV, p. 361 et 386, 1859.

ver à déterminer les relations de position qui existent entre les divers principes immédiats, on suit généralement la méthode suivante due à Widmanstætten et à laquelle déjà nous avons été obligé de faire allusion.

On sait que si on verse un acide sur une lame de fer ordinaire poli, elle perd son éclat et prend une surface finement grenue.

L'expérience répétée sur une lame de fer météorique ne donne pas le même résultat ; l'acide fait alors apparaître des figures plus ou moins compliquées et remarquables par leur extrême régularité. Ce sont des baguettes brillantes, entrecroisées sous des angles déterminés et se détachant nettement sur le fond mat du fer attaqué. Comme elles sont en relief sur le fond, le fer ainsi traité devient un véritable cliché, propre à l'impression, et il arrive souvent qu'on s'en serve pour cet usage. On voit par exemple dans le bel ouvrage de Schreibers[1] des impressions de ce genre.

Ces dessins (fig. 4) portent dans la science, en l'honneur du savant qui les a découverts, le nom de *figures de Widmanstætten.*



Fig. 4. — Figure dite de Widmanstætten produite par l'action des acides sur une surface polie de fer météorique. — Exemple fourni par la caillite d'Oaxaca (Mexique). Grandeur naturelle.

Ils sont dus à une double cause, savoir la cristallisation de la masse et l'existence dans celle-ci de lamelles régulièrement orientées, de matières inégalement solubles dans les acides.

Les figures que donnent les divers fers par la méthode de Widmanstætten sont loin d'être identiques. Quelques-uns même, quoique météoriques à n'en pas douter, ne présentent pas ces dessins caractéristiques : du nombre est le fer trouvé en 1814 à Seriba, aux États-Unis ; d'autres ne les donnent que d'une manière décousue, çà et là, comme si une figure primitivement régulière avait été dérangée et brisée : c'est le cas du fer découvert à Dacotah, aux États-Unis, en 1863. Il y en a qui les offrent avec une netteté remarquable, comme le fer de Caille. Chez

1. *Beytræge zur Geschichte und Kenntniss meteorischer Stein- und Metall-Massen*, Vienne, 1820.

certains, comme celui trouvé en 1792, à Zacatecas, au Mexique, elles sont largement dessinées; chez d'autres, au contraire, chez Braunau, par exemple, elles sont très fines. Quelquefois elles sont formées par l'entrecroisement de lignes très serrées, et ailleurs, comme dans le fer trouvé en 1801 au Cap de Bonne-Espérance, ce sont de larges bandes qui les constituent. L'étude de ces différences est intéressante et a servi quelquefois de base à la classification des fers météoriques.

Action de la chaleur. — La structure remarquable des fers météoriques a été aussi mise en évidence par Widmanstætten, à l'aide d'un procédé étudié depuis en détail par Reichenbach[1]. Il consiste purement et simplement à chauffer au contact de l'air une plaque polie d'un fer météorique. On lui voit alors prendre simultanément, dans ses diverses parties, des colorations variées identiques à celles que prend successivement une lame d'acier poli dont la température s'élève. Ces teintes, bien distinctes les unes des autres, dessinent une sorte de mosaïque (fig. 5) dont chaque pièce correspond manifestement à un principe immédiat particulier.



Fig. 5. — Figure irisée produite par le chauffage, au contact de l'air, d'une lame polie de fer météorique. Exemple fourni par la caillite de Charcas (Mexique). Grandeur naturelle.

En opérant ainsi sur le fer de Caille ou sur celui de Charcas, on voit de longues lignes fines et jaunâtres, dessiner un réseau sur un fond bleuâtre. Avec le fer d'Oldham, on voit une figure différente où trois nuances apparaissent simultanément. Au contraire, avec le fer du cap de Bonne-Espérance, au moins en petits échantillons, on obtient une teinte uniforme comme avec l'acier.

1. *Poggendorff's Annalen*, t. CXIV, p. 99, 250. 264 et 477.

Il est facile, avec un peu d'habitude, de reconnaître dans ces trois alliages ceux que je décrirai bientôt sous les noms de kamacite, de tænite et de plessite et les relations de coloration peuvent remplacer les essais chimiques pour déceler ces corps dans un fer quelconque. C'est ainsi, par exemple, que je suis arrivé, par l'examen de lames irisées, à reconnaître une très petite quantité de plessite dans le fer de Charcas et cela, comme on va voir, dans une position extrêmement intéressante.

Ayant chauffé avec une lenteur extrême une lame polie du fer de Charcas, j'ai vu se dessiner la mosaïque colorée dont il vient d'être question, mais, dans certaines régions, les lames de tænite présentaient la particularité suivante : on voyait çà et là une telle lame se diviser par place pour se réunir presque immédiatement, de façon à circonscrire un espace à peu près circulaire dans lequel un *anneau* de plessite entourait un point métallique inoxydé consistant, non en schreibersite, mais en tænite.

L'intérêt de ce fait ressortira de la lecture du passage de ce chapitre, où je traite des *auréoles* auxquelles donnent souvent lieu les sels métalliques sur les lames de fer météorique.

Je dirai enfin un mot d'une circonstance nettement visible sur les figures irisées et que les autres réactifs dont il s'agira tout à l'heure font du reste très bien apparaître aussi. Je veux parler du contournement et de l'étirement des fers nickelés le long des fissures naturelles dont les fers sont habituellement traversés. En examinant ces parties avec attention, on y constate l'existence de tous les alliages qui ont été amincis, mais qui ne se confondent pas et qui conservent l'ordre même qu'ils affectent dans les autres parties de la masse.

Ces figures sont donc, d'une manière générale, identiques à celles que déterminent les acides : comme celles-ci, elles apparaissent tout à coup et prennent de plus en plus de netteté à mesure que l'action corrosive se fait sentir plus longtemps pourvu toutefois que la durée de l'attaque ne dépasse pas un maximum après lequel les détails de la figure disparaissent successivement. Les parties qui, sous l'influence de la chaleur, prennent simultanément des nuances diverses, sont ici caractérisées par un *grain* particulier. Cependant, il ne faut pas considérer les deux méthodes comme faisant double emploi.

Les figures irisées, en effet, permettent de reconnaître dans tous les cas, d'après la méthode qualitative que je décrirai plus bas (p. 45), la nature de chacun des alliages météoritiques, quelle que soit la forme qu'il affecte, et cela, d'après sa nuance. Les acides ne pourraient rien indiquer de pareil, car il faut remarquer que le grain rendu sensible par ces réactifs est dû à des causes simplement physiques et peut varier par exemple suivant la plus ou moins grande rapidité de cristallisation des alliages. Au contraire l'irisation est due entièrement à une action chimique ; elle est indépendante d'une foule de circonstances qui peuvent au contraire modifier certaines au moins des propriétés physiques. Et c'est par exemple pour avoir donné le pas à ces dernières sur les autres que M. de Reichenbach est arrivé à des définitions si vagues des alliages dont il a tenté l'étude.

Toutefois, relativement aux études que j'ai entreprises, les acides ont l'inconvénient d'être beaucoup trop énergiques, même à leur plus grand état de dilution,

ce qui empêche de saisir des phases, à supposer qu'il en existe, dans la formation des figures. De plus ces réactifs ne suffisent pas pour indiquer la nature de tous les principes qui concourent à la production de ces figures.

On va voir que j'ai ajouté aux deux agents qui interviennent ainsi, savoir : les acides et l'oxygène chaud, deux autres réactifs, les alcalis caustiques en fusion, et les sels métalliques qui m'ont permis de constater des faits que les premières méthodes ne peuvent indiquer.

Mes recherches, d'ailleurs, n'ayant pu porter que sur un petit nombre de fers différents, je me garderai bien d'universaliser les résultats que j'ai obtenus. Le plus souvent, les masses de Caille et de Charcas ont été le sujet de mes expériences et c'est d'elles qu'il s'agira dans ce qui suit, toutes les fois que la provenance du fer en expérience ne sera pas indiquée.

Action des alcalis fondus. — La principale raison qui m'a conduit à plonger dans la potasse fondue, et à l'y laisser séjourner, une lame polie de fer météorique a été de voir quel est le rôle de la schreibersite dans la formation des figures de Widmanstætten.

La plupart des personnes qui se sont occupées des fers météoriques admettent que les longues lignes inattaquées que l'acide fait apparaître sont de la schreibersite. Moi-même, je m'exprimais il y plusieurs années à ce sujet de la manière suivante[1] : « Ces dessins portent dans la science, en l'honneur du savant qui les a découverts, le nom de *figures de Widmanstætten*. Ils sont dus à une double cause, savoir : la cristallisation de la masse, et l'existence dans celle-ci de lamelles régulièrement orientées d'une matière insoluble dans les acides… Cette substance insoluble constitue un phosphure double de fer et de nickel, contenant toujours une certaine proportion de magnésium. On lui a donné le nom de schreibersite, etc. » Mais comment expliquer dans cette manière de voir que le fer de Caille par exemple, qu'on peut citer comme l'un des plus remarquables au point de vue de la netteté des figures, n'ait pas donné trace de phosphore à M. Rivot qui en a analysé, avec le soin qu'on connaît à cet éminent chimiste, deux échantillons différents?

Or les notions que nous avons acquises depuis, relativement aux propriétés de la schreibersite, nous donnent le moyen de décider la question. En effet, j'ai montré que la schreibersite est complètement décomposée par les alcalis caustiques en fusion, tandis que les divers fers nickelés résistent à ces réactifs ; si donc les longues baguettes sont formées de phosphure elles doivent être attaquées et apparaître en creux, tandis qu'elles resteront sensiblement intactes si elles sont constituées par des alliages de fer et de nickel.

L'expérience montre que les baguettes en question sont inattaquables dans la potasse fondue qui, grâce à ses propriétés oxydantes, dessine sur la lame en expérience une figure identique à celle que produisent les acides. L'analyse directe de ces baguettes, analyse dont je donnerai plus loin les résultats, a montré qu'elles sont formées de tænite Fe^6Ni.

Par l'action de la potasse, de petits grains de pyrrhotine sont devenus visibles,

1. *Étude descriptive, théorique et expérimentale sur les météorites*, par Stanislas Meunier, p. 35, 1867.

qu'on ne voyait pas d'abord, et on a vu dans les baguettes de tænite de petits points attaqués, sans doute formés de schreibersite.

La conclusion à tirer de là est que ce phosphure est en général bien moins abondant dans les fers qu'on ne serait disposé à le croire à première vue, et il y a lieu d'insister sur le peu d'importance qui en résulte quant au rôle de la schreibersite dans la formation des figures.

Action des sels métalliques. — Dans un travail auquel j'ai été associé, M. Daubrée a fait connaître de la manière suivante une méthode qui décèle dans les fers météoriques des particularités nouvelles[1].

Une lame polie de fer météorique plongée dans un acide peut être considérée comme formant un couple voltaïque. Le contact du liquide avec des substances métalliques inégalement attaquables et en relation entre elles développera un courant dirigé dans le liquide, du métal attaquable au métal inattaquable, et dans la masse de fer, du métal inattaquable au métal attaquable. C'est par une cause semblable que les plaques de blindage qui proviennent de fer corroyé forment une multitude de couples, en raison de l'hétérogénéité de leurs parties. Dans la disposition ordinaire l'expérience de Widmanstætten, l'existence de ce courant a simplement pour effet de hâter la dissolution du métal attaquable, mais sans que cette influence soit manifeste aux yeux. Le résultat est tout différent si le liquide simplement acide est remplacé par la dissolution d'un métal précipitable. Le sulfate de cuivre en solution chaude a paru d'abord particulièrement convenable à cause de la couleur du cuivre qui tranche sur celle du fer et rend sensibles les moindres dépôts. A peine une plaque polie est-elle plongée dans la solution, que le réseau formé par les lamelles de tænite apparaît en rouge de cuivre sur le fond encore blanc. Un instant après, autour de chaque lamelle cuivrée, il se forme un petit anneau ou plutôt une *auréole* de cuivre limitée nettement du côté externe. Enfin, à peine ces auréoles sont-elles dessinées qu'un dépôt instantané de cuivre couvre tous les points de la surface qui jusqu'alors étaient restés à nus.

L'ordre de succession de ces divers dépôts, localisés d'une manière à la fois si régulière et si constante, tient, comme je m'en suis assuré par la suite, à l'existence de différentes substances métalliques en contact. On peut en avoir une idée première en se débarrassant par un lavage à l'ammoniaque du cuivre déposé. Le fer présente alors une surface intéressante à étudier, et essentiellement différente des figures de Widmanstætten.

On y voit d'abord la tænite sous forme de très longues lamelles parallèles que l'on distingue au vif éclat qu'elles ont conservé. Il est même à remarquer, au moins en ce qui concerne le fer de Charcas, que les figures ainsi produites sont incomparablement plus nettes que celles qu'on rend visibles au moyen du procédé ordinaire par la simple action de l'acide. Dans l'alignement de la plupart des baguettes de tænite reparaît l'auréole déjà signalée et qui se montre alors comme un métal plus blanc (plessite) que le reste de la masse, et plus profondément attaqué. Quant à la masse générale ou kamacite, elle a pris un grain fin qui lui donne une teinte grisâtre.

Depuis la publication du travail dont il vient d'être question j'ai soumis ce sujet

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXIV, 2 avril 1867.

à une étude nouvelle et il en est résulté ce fait intéressant que les auréoles constituent comme le premier temps des figures de Widmanstætten.

On sait, et c'est un fait très remarquable, que dans la formation de ces figures par la méthode ordinaire, dès qu'elles se dessinent elles sont complètes quels que soient d'ailleurs l'état de faiblesse de l'acide employé et le peu de temps de son action : elles ne peuvent rien gagner par l'emploi d'un acide plus fort, ou par une plus longue durée de l'expérience, si ce n'est de la netteté.

Or la production successive des auréoles et des lignes droites me parut indiquer la possibilité, à l'aide de solutions métalliques, de suivre le développement des figures. Pour cela je cherchai, avant tout, à remplacer la solution cuivreuse par un liquide plus commode. En effet, outre les perturbations apportées dans la précipitation par la passivité de beaucoup de fers, ce qui rend nécessaire de chauffer le sulfate, le lavage du cuivre est extrêmement long et entraîne l'emploi de corps d'un maniement pénible, tels que l'ammoniaque ou la potasse.

Ces considérations tournèrent mon attention vers les chlorures, et je ne tardai pas à m'arrêter au sublimé corrosif qui m'avait déjà rendu plusieurs services dans le cours de mes recherches.

Quand on plonge une lame polie du fer de Charcas, par exemple, dans une dissolution aqueuse, froide et peu étendue de bichlorure de mercure, on observe presque instantanément la production des auréoles indiquées plus haut. En lavant l'échantillon on reconnaît que ces auréoles sont dessinées en creux et correspondent par conséquent à un métal plus attaquable que le reste de la masse dans les conditions de l'expérience. Elles sont formées de plessite, comme je l'ai reconnu par les irisations décrites dans un paragraphe précédent, et apparaissent avant l'attaque de la kamacite, cependant un peu plus soluble, et sans doute à cause de leur situation entre deux amas de tænite, ce qui doit développer des courants électriques intenses. Ces figures, consistant exclusivement en petites auréoles placées sans ordre

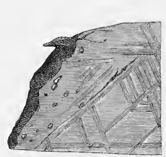


Fig. 6. — Auréoles produites par le sulfate de cuivre sur un fer météorique. Exemple fourni par la caillite de Caille (Alpes-Maritimes). Grandeur naturelle.

apparent, correspondent donc à la période d'attaque de la plessite et constituent le premier temps de la formation des figures complètes (fig. 6).

Si la dissolution mercurique est concentrée, on voit aux auréoles s'ajouter des baguettes qui dessinent des alignements dont l'analogie avec les figures de Wid-

manstætten est déjà très nette (fig. 7) : c'est le second temps du développement des figures ; il correspond à la période d'attaque de la kamacite.

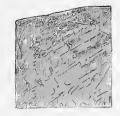


Fig. 7. — Figure incomplète produite sur un fer météorique par le bichlorure de mercure en solution froide caillite de Charcas). Grandeur naturelle.

Enfin, en employant une dissolution saturée et chaude de bichlorure de mercure, le fer de Charcas donne les plus belles figures qu'il soit possible de voir (fig. 8), et ce résultat est d'autant plus remarquable que le fer dont il s'agit ne donne par les acides que des figures bien inférieures à celles de beaucoup d'autres masses de



Fig. 8. — Figure complète produite sur un fer météorique par le bichlorure de mercure en solution bouillante (caillite de Charcas). Grandeur naturelle.

même origine. C'est le troisième et dernier temps de la production des figures : il répond à l'attaque de la tænite qui prend alors le même grain que la plessite, ce qui rend celle-ci indiscernable.

Les mêmes résultats m'ont été donnés par les fers de Caille, San Francisco del Mezquital (Mexique), Seelasgen (Prusse), Zacatecas (Mexique), Union County (Géorgie), Tuczon (Mexique) et Sarepta (Russie), traités par une goutte de bichlorure de mercure. Toujours, sur la surface d'un centimètre carré environ que j'ai étudiée, j'ai vu la succession dont il vient d'être question, et presque toujours le résultat final a été plus net que par l'emploi d'un acide.

Ces premiers faits m'ont engagé à voir si des solutions analogues au bichlorure de mercure, telles que le chlorure d'or et le chlorure de platine, ne donneraient pas lieu à des phénomènes du même genre.

J'ai reconnu qu'ils ont une action différente.

Une goutte de chlorure d'or en solution froide et concentrée, placée sur la surface polie du fer de Zacatecas, ou encore sur celle des fers de Caille et de Charcas, a

donné lieu instantanément à un dépôt d'or très peu adhérent, sans dégagement sensible de gaz. L'or enlevé, j'ai reconnu la formation d'admirables figures de Widmanstætten, mais il est impossible d'obtenir les phases successives qui ont été signalées tout à l'heure.

Je dois recommander tout particulièrement l'emploi du chlorure d'or toutes les fois qu'on veut savoir instantanément quelle figure donnera une lame polie d'un fer météorique donné.

Un effet analogue a été produit par le chlorure de platine sur le fer de Zacatecas : un dépôt très adhérent de platine, avec dégagement de gaz, accompagne la production de figures complètes, ou, si l'on veut, dont je n'ai pas pu suivre le développement.

Comme appendice, je citerai ici, mais seulement pour mémoire, les essais que j'ai faits sur le fer de Seelasgen, avec beaucoup d'autres sels, et particulièrement avec la solution de chlorure d'argent dans l'ammoniaque, avec l'acétate de plomb, avec le sulfhydrate d'ammoniaque, etc., qui n'ont donné lieu à aucune attaque.

Il en a été de même, pour le même fer, avec les dissolutions de nitrate de protoxyde de mercure et de nitrate d'argent.

En résumé, il ressort de l'étude d'un assez grand nombre de figures obtenues par les divers moyens indiqués dans les quatre paragraphes précédents que les principes immédiats des fers météoriques occupent, les uns vis-à-vis des autres, des situations parfaitement fixes.

Ainsi, pour ne citer que quelques exemples de la régularité dont il s'agit, lorsque les trois fers nickelés principaux sont réunis dans une même masse, jamais la plessite n'est en contact avec la kamacite. Elle en est séparée par la tænite dont la composition n'est cependant pas un terme moyen entre celles des deux autres substances.

Il en est de même de la schreibersite qui paraît localisée dans les lamelles de tænite, ou enveloppée de tænite et qui peut aussi se trouver en contact direct avec le graphite.

La pyrrhotine n'est pas non plus en contact avec la kamacite. Elle paraît même être toujours séparée de la tænite par une couche plus ou moins épaisse de graphite, laquelle s'est montrée, dans plusieurs cas, enveloppée de schreibersite. Je n'ai pas vu de schreibersite en contact avec la troïlite. Quand le graphite enveloppant le sulfure est épais, comme il arrive pour le fer de Caille, où il atteint parfois 1 centimètre d'épaisseur, il est formé de couches parallèles régulières.

On retrouve du graphite en lamelles dans l'intérieur des rognons de troïlite.

Des grains lithoïdes sont souvent engagés dans la troïlite et j'ai souvent retrouvé le sulfure en couche très mince entre les grains de péridot et le métal enveloppant. Il paraît, d'ailleurs, que la kamacite n'est jamais en contact direct avec les silicates.

Je borne ici ces exemples dont le nombre augmentera certainement par de nouvelles études.

Séparation mutuelle des fers nickelés. — J'ai repris l'étude d'un certain nombre de ces alliages, et mon premier soin a été de chercher à réaliser leur séparation mutuelle. J'eus pour cela recours à la méthode suivante : Le fer en expé-

rience étant préalablement réduit en poudre au moyen d'une lime fort dure, on l'introduit dans un bain de potasse caustique pure maintenue en fusion tranquille dans un creuset d'argent. Il faut avoir soin que le métal tombe bien au milieu du bain et ne s'attache pas aux parois du creuset, cas dans lequel il s'oxyderait.

Presqu'instantanément, on voit l'alcali, jusque-là limpide, se troubler par suite de la présence de flocons grisâtres qui y flottent. Ces flocons proviennent, comme on le verra plus loin, de la décomposition de la pyrrhotine, de la schreibersite des grains lithoïdes, etc., et consistent surtout en oxyde de fer.

Quand la décomposition des substances étrangères est bien complète, on laisse refroidir et l'on traite le gâteau alcalin par de l'eau distillée. Toute la potasse, et une partie des flocons grisâtres sont entraînées. Ce qui reste de ces flocons est aisément dissous par l'acide azotique fumant qu'on ajoute alors en excès sur la limaille encore humide.

Le fer nickelé, devenu passif, résiste parfaitement à ce réactif, qui opère l'oxydation complète du graphite, surtout si on le porte à la température de l'ébullition.

La limaille, bien lavée à l'eau distillée, puis à l'alcool et enfin à l'éther, afin d'éviter son oxydation à laquelle donnerait lieu son contact prolongé avec l'eau, est desséchée et consiste alors exclusivement en fer nickelé renfermant toutefois, mais seulement dans des cas exceptionnels, une très petite quantité de carbure de fer.

Restent à séparer les divers alliages dont nous avons reconnu l'existence, et jusqu'ici les procédés purement chimiques ne m'ont pas donné de résultats bien satisfaisants. La raison en est dans l'extrême analogie de ces divers alliages qui se trouvent être attaquables par les mêmes réactifs et sensiblement avec la même facilité.

Après diverses tentatives plus ou moins heureuses, j'ai eu recours à un procédé physique qui m'a permis, comme on va le voir, d'isoler les principaux de ces alliages.

Mes expériences ont porté surtout sur les fers météoriques de Caille (Alpes-Maritimes) et de Charcas (Mexique), qui se recommandaient par leur simplicité relative de composition immédiate et dont je pouvais disposer à l'état de limaille et de petits fragments en quantité comparativement grande.

Il importait avant tout de déterminer exactement le nombre des composés constituants renfermés dans le fer nickelé de ces deux masses. Pour cela, une petite lame polie du fer de Caille fut chauffée avec précaution et bien uniformément. Cette opération du chauffage, dont l'idée première est due, comme on l'a vu, à Widmanstætten, dessina, grâce à l'inégale oxydabilité des différents principes immédiats, un réseau jaunâtre qui se détacha sur un fond d'un beau bleu violacé.

On observait en outre des parties d'une nuance intermédiaire, nettement limitées, comme les autres, et occupant toujours les espaces bornés par les lignes jaunâtres entrecroisées.

Ces trois métaux se réduisirent toutefois à deux par un examen plus attentif, le troisième résultant de l'existence simultanée des deux premiers en lamelles alternatives très minces, ainsi que j'en acquis la preuve par une étude à la loupe.

Le fer coloré en bleu correspond à la kamacite, et le fer jaunâtre à la tænite.

Leur existence une fois constatée, il s'agissait de les séparer, et là résidait une très grande difficulté. En effet, ces corps, dont la composition se ressemble beaucoup, comme on le verra dans la suite, présentent, d'après ce que j'ai déjà dit, des propriétés trop voisines pour que l'on puisse employer les agents chimiques de séparation. S'il est vrai que la kamacite soit plus soluble que la tænite dans les acides, ainsi que le prouve l'expérience de Widmanstætten, on ne peut toutefois fonder sur cette différence un procédé de séparation. D'ailleurs, en admettant, ce qui est vrai, que l'on puisse ainsi isoler un peu de tænite de la kamacite qui l'accompagne, on ne pourrait pas, par cette méthode, arriver à connaître la nature de ce second alliage.

Après un très grand nombre d'essais, durant lesquels j'ai passé en revue l'action de la plupart des dissolvants du fer, je suis revenu à la méthode même qui permet de reconnaître l'existence des deux alliages en question et qui vient d'être décrite.

Une petite quantité de la limaille bien pure et un peu grosse du fer de Caille fut éparpillée sur une plaque de verre et chauffée lentement et bien uniformément. On vit bientôt la plupart des grains se colorer, tandis que d'autres, beaucoup moins nombreux, restaient à peu près intacts. Quand les premiers grains furent arrivés au bleu, on laissa refroidir, puis, à la loupe, on se livra à un triage, extrêmement long, à la vérité, mais n'offrant d'ailleurs aucune difficulté. Quelques grains de limaille qui n'étaient pas colorés d'une seule nuance furent considérés comme contenant à la fois les deux alliages, et rejetés.

Après une quinzaine d'opérations de ce genre, j'arrivai à posséder ainsi environ 2 grammes de fer bleu ou kamacite et $0^{gr},5$ de fer à peine jaunâtre ou tænite, qui me permirent, comme on va voir, d'étudier les propriétés de ces deux métaux.

Le fer de Charcas, soumis aux mêmes manipulations que celui de Caille, m'a donné sensiblement les mêmes résultats. Comme ce dernier fer, il paraît résulter du mélange de la kamacite et de la tænite et à peu près dans les mêmes proportions.

Mais il ne faut pas croire que tous les fers météoriques présentent une aussi grande simplicité de composition immédiate. Outre la kamacite et la tænite, il existe beaucoup d'autres principes immédiats qui sont moins repandus, au moins à en juger par les fers que j'ai étudiés et qui se distinguent plus ou moins nettement par leurs propriétés.

L'un des mieux caractérisés est la plessite, ou du moins un alliage que je crois être la plessite de Reichenbach. On peut, par exemple, observer son existence dans les fers de Jewell-Hill (Caroline du Nord) et d'Oldham County (Kentucky).

Pour l'isoler, j'ai eu recours au procédé de séparation qui m'avait déjà servi pour les deux premiers alliages.

Quand on chauffe sur une lame de verre de la limaille du fer d'Oldham, on observe à un moment convenable des grains peu abondants et un peu jaunâtres, des grains pourpres et des grains bleus. Ainsi qu'on s'en assure en chauffant une lame polie de fer en expérience, les premiers correspondent à la tænite, les seconds à la kamacite et les derniers à la plessite.

Je dois faire remarquer à ce sujet que, si je me sers de ces trois noms introduits

dans la science par Reichenbach, à la suite d'une étude dont les résultats ne sont certainement pas de nature à être tous admis, c'est simplement pour ne pas augmenter la synonymie déjà si nombreuse en minéralogie. Je regarde ces noms comme assez mal choisis, la kamacite n'étant pas toujours en *poutres*, ni la tænite en *rubans* et la plessite pouvant se trouver ailleurs que dans les vides anguleux laissés par l'ensemble des deux autres alliages.

Par exemple, il résulte de mes études que dans certaines parties du fer de Nelson (Kentucky) la tænite, au lieu d'être en rubans, se présente en petites taches remarquablement circulaires; de même le fer de Zacatecas (Mexique) renferme le même alliage en larges bandes qui lui mériteraient plutôt le nom de kamacite, etc.

Il faut aussi faire attention que les alliages qui viennent d'être énumérés, la kamacite, la tænite et la plessite, quoique de beaucoup les plus habituels, ne sont pas les seuls que l'on rencontre dans les fers météoriques. Parmi les autres alliages qu'il faudrait citer si j'aspirais à être complet, je me bornerai à rappeler l'*octibbehine*, remarquable par la forte proportion de nickel qui y est renfermée et que je n'ai d'ailleurs pas pu étudier d'une manière spéciale, le Muséum n'en possédant qu'une quantité très peu considérable ; la *catarinine* et la *braunine*.

Dans le cours de mes recherches je n'ai pas eu l'occasion de rencontrer d'autres alliages que ceux qui viennent d'être cités. Voici les faits à la connaissance desquels leur étude m'a conduit :

A. *Tænite.* — La tænite que j'ai spécialement étudiée provenait du fer de Caille, d'où je l'avais extraite par le procédé indiqué plus haut.

Sa densité est égale à 7,380, ainsi qu'il resulte de mesures prises après purification par la potasse caustique en fusion et par l'acide azotique fumant qui a eu pour effet, comme on le sait, d'enlever les matières étrangères telles que la pyrrhotine, la schreibersite, le graphite, etc. Reichenbach donne le nombre 7,424 pour la densité d'une autre tænite qui n'était peut-être pas absolument pure.

J'ai soumis à l'analyse la tænite ainsi purifiée, et voici la méthode que j'ai suivie: la matière a été dissoute dans l'acide azotique, puis la liqueur, convenablement étendue d'eau, a été additionnée d'ammoniaque jusqu'à l'apparition d'un précipité permanent. Le fer a alors été précipité à l'état de succinate d'ammoniaque et pesé à l'état de peroxyde après calcination du sel organique. Le nickel contenu tout entier dans le liquide a été précipité par la potasse à l'état d'oxyde qui, lavé et calciné, a été porté sur la balance.

Outre des traces de cobalt, la tænite du fer de Caille m'a donné :

Fer	85.0
Nickel	14.0
	99.0

Ces nombres conduisent à la formule :

$$Fe^6Ni,$$

à laquelle j'attache d'autant plus d'importance que M. de Reichenbach fils y est arrivé de son côté à la suite de l'analyse d'une autre tænite d'ailleurs non purifiée complètement et qui lui a donné :

Fer	85.714
Nickel	13.215
Cobalt	0.550
Soufre. . . .	0.226
Phosphore . .	0.295
	100.000

Je suis parvenu à un résultat tout à fait conforme au précédent, en abandonnant à l'action de l'acide azotique étendu, une lame mince du fer de Caille qui s'est ainsi réduite à l'état d'un réseau très délié, entièrement formé de tænite. Celle-ci, soumise à l'analyse, m'a donné en effet :

Fer	85.0
Nickel	15.0
	100.0

Ces faits m'autorisent, je crois, à repousser absolument la conclusion que M. Shepard tire de ses analyses et d'après laquelle la tænite devrait être représentée par Fe^4Ni^5.

B. *Kamacite.* — Le fer nickelé de la masse de Caille m'a donné environ 80 pour 100 de kamacite dont la densité, mesurée avec les précautions convenables, est égale à 7.652.

Soumise à l'analyse, elle m'a donné, sans trace de cobalt :

Fer	91.9
Nickel	7.0
	98.9

d'où l'on doit conclure que la formule de cet alliage est :

$$Fe^{14}Ni.$$

Remarquons à ce sujet qu'en admettant, comme les nombres donnés précédemment semblent l'autoriser, que le fer de Caille contient en moyenne 4 parties de kamacite pour une de tænite, la formule élémentaire de ce fer s'exprimerait par :

$$Fe^6Ni + 4(Fe^{14}Ni) = Fe^{62}Ni^5$$

qui, chose digne de remarque, conduit à très peu près aux nombres que M. Rivot a obtenus dans l'analyse élémentaire de cette masse météorique. On tire en effet de la formule ci-dessus :

Fer	91.4
Nickel	8.6
	100.0;

M. Rivot a trouvé dans deux analyses :

	I.	II.
Fer	92.3	92.7
Nickel	6.3	5.6
	98.6	98.3

La netteté des résultats fournis par le fer de Caille m'a engagé à analyser la kamacite du fer de Charcas.

2gr,5 de cet alliage m'ont donné :

Fer	92.0
Nickel	7.5
	99.5

c'est-à-dire la composition exigée par la formule $Fe^{14}Ni$.

Revenant alors au fer de Caille, j'ai soumis les résultats que j'avais obtenus à la vérification suivante : une petite lamelle mince, à faces parallèles, pesant 8gr,5, fut mise dans l'acide azotique à 36° et ainsi amenée peu à peu à l'épaisseur d'une feuille de papier fort. Elle pesait alors 6gr,3 et le liquide, renfermant par conséquent 2gr,2 de métal en dissolution, a donné, outre un peu de résidu noir :

Fer	1.80
Nickel	0.15
	1.95

ou, en centièmes :

Fer	92.4
Nickel	7.6
	100.0

Cela fait, j'ai choisi sur la lame amincie une région où les bandes de kamacite fussent larges, puis, au moyen de ciseaux fins et solides, j'ai découpé avec soin les aiguilles de tænite qui se montraient un peu en relief et très nettement dessinées. Cette séparation n'a évidemment pas pu être parfaitement exacte et la tænite conservait un peu de kamacite, mais celle-ci, au contraire, était bien pure.

Ayant découpé ainsi environ 1 gramme de métal, j'en retirai sensiblement 0.80 de kamacite, qui donna :

Fer	93.0
Nickel	7.0
	100.0

c'est-à-dire encore la quantité exigée par la formule $Fe^{14}Ni$.

C. *Plessite*. — Je répète que je donne ici le nom de plessite à un alliage qui n'est peut-être pas rigoureusement celui que Reichenbach désigne sous ce nom, mais il est extrêmement difficile d'assurer une pareille identité. En tous cas, je n'ai pas pu soumettre le métal qui m'occupe à une étude complète, à cause du peu de matière dont je pouvais disposer. Toutefois j'ai pu reconnaître que cette plessite est moins oxydable que la kamacite et plus oxydable que la tænite.

Sa densité est égale à 7,850 et la composition que j'ai trouvée, lors de l'analyse d'une très petite quantité de limaille, se rapprochait de celle qu'exige la formule :

$$Fe^{10}Ni.$$

Je ne crois pas utile de reproduire les chiffres de mon analyse, qui n'a pas été

complètement satisfaisante ; aussi je ne présente la formule ci-dessus que sous toutes réserves.

Reichenbach paraît disposé à admettre pour sa plessite la formule $Fe^{28}Ni^{5}$, qui diffère à peine de celle $Fe^{6}Ni$ admise précédemment pour la tænite.

Outre les résultats de mon analyse, des considérations fort simples me portent à rejeter la conclusion du savant allemand. En effet, l'analyse du fer de Jewell Hill (Caroline du Nord), caractérisée d'après mes essais par une grande quantité de plessite, a donné à M. Lawrence Smith[1] :

Fer.	91,12
Nickel.	7,82
Cobalt.	0,43
Phosphore.	0,08
Cuivre.	traces.
	99,45

dans laquelle la proportion de nickel est beaucoup plus faible que ne le voudrait la formule de Reichenbach.

Il en est de même pour le fer d'Oldham County (Kentucky), dont la composition immédiate est, d'après mes études, analogue à celle du fer précédent, et qui a donné à M. Smith[2] :

Fer.	91,21
Nickel.	7,81
Cobalt.	0,25
Phosphore.	0,05
Cuivre.	traces.
	99,32

J'ai retrouvé la plessite en quantité notable dans les fers de Rivière-Orange (Afrique Australe), de Putnam County (Géorgie), de Burlington (New-York), etc.

D. *Octibbehite.* — Le fer météorique d'Octibbeha County (Mississipi) contient, d'après l'analyse de Taylor[3] 59,69 de nickel contre 37,69 de fer. Peut-être doit-on le regarder comme formé d'un alliage de composition définie, auquel on peut donner le nom déjà proposé d'octibbehite.

Sa formule serait FeNi (comme l'indique M. Shepard), et sa densité serait égale à 6,854.

Il paraît légitime de rapprocher de ces alliages celui qu'on retrouve dans le fer de Sainte-Catherine (Brésil).

M. Lawrence Smith[4] y a découvert ce fait intéressant que la composition de ce fer est très voisine de celles des minces paillettes métalliques blanches qui restent

1. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXX, p. 240.
2. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXXI, p. 151 et 256.
3. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXIV, p. 293.
4. *Comptes rendus*, t. XCII, p. 843.

après la décomposition de la région externe de plusieurs des masses les mieux connues des fers météoriques, paillettes qui restent en mélange avec les oxydes produits par la décomposition.

Les paillettes de Sevier County (Tennesse) ont fourni à M. Smith les matériaux dont il a fait usage dans son analyse; leur quantité n'atteignait pas 1 gramme. Le fer non altéré de cette masse ne contient que 6 pour 100 de nickel, avec un peu de cobalt.

L'analyse du fer de Sainte-Catherine par M. Damour, comparée à celle que M. Smith a faite des paillettes de Servier, donne, pour 100 parties :

	Fer.	Nickel.	
Sainte-Catherine.	66	34	(Damour).
Paillettes de Sevier	73	27	(Smith).

Le nickel contient un peu de cobalt.

Un autre fait important relativement à ces alliages très riches en nickel, c'est la manière dont ils se comportent en présence de l'aimant.

L'aimant dont M. Smith se sert est une barre cylindrique d'acier, longue de $0^m,15$, et ayant $0^m,007$ de diamètre; elle peut soutenir par chacun de ses pôles, dont l'un est terminé en pointe, un fragment d'acier de 30 à 40 grammes.

De petits fragments détachés du fer de Sainte-Catherine et ne pesant pas plus de $0^{gr},100$ à $0^{gr},200$, étant approchés de cette barre, on trouve que l'aimant n'a sur eux qu'une action très faible; mais si l'on aplatit ces fragments en les frappant sur une surface d'acier, avec un marteau également en acier, ils deviennent sensibles à l'aimant. Pour éviter toute adhérence d'acier, M. Lawrence Smith a répété l'expérience après les avoir aplatis au travers de feuilles de laiton, et le résultat a été le même.

En chauffant au rouge le fer primitif, on le rend encore plus facilement attirable que par l'aplatissement.

Ce qui rend plus remarquable encore ces particularités magnétiques du fer de Sainte-Catherine, c'est que la météorite est plus ou moins polaire et que le sulfure qu'elle contient est fortement magnétique.

Enterminant il faut ajouter que dans les météorites pierreuses on retrouve les mêmes alliages de fer nickelé que dans les météorites entièrement métalliques, tantôt sous forme d'un réseau enveloppant les espèces lithoïdes, tout au contraire, et bien plus fréquemment en grenailles noyées dans la masse.

Toutes les fois que les particules ne sont pas trop petites on reconnaît leur nature complexe, résultant de l'association en plus ou moins grand nombre des alliages précédemment cités.

FERS CARBURÉS.

Le fer carburé peut se séparer des alliages nickelés par la méthode de chauffage ainsi que je m'en suis assuré directement en traitant, par cette méthode, un mélange de limaille d'acier et de fer météorique. Il faut d'ailleurs se rappeler que ce nom de fer carburé paraît devoir s'appliquer à des combinaisons de com-

position fort différentes. J'en distinguerai deux principales sous les noms de chalypite et de campbellite.

A. *Chalypite.* — Je donne ce nom, avec M. Shepard[1], à un composé dur et brillant que Forchhammer a isolé du fer de Niakornak (Groënland), dont le Muséum ne possède qu'un petit échantillon, et que je n'ai par conséquent pas pu étudier. La chalypite renfermerait 7,25 pour 100 de carbone et répondrait par conséquent à la formule CFe^2. On verra du reste plus loin qu'il y a de fortes raisons de penser que le fer de Niakornak n'est pas d'origine météoritique.

B. *Campbellite.* — Le fer de Campbell County (Tennessee) n'a donné à M. Lawrence Smith[2] que 0,25 de nickel contre 97,54 de fer et 1,50 de carbone.

Examiné au point de vue de sa composition immédiate, ce fer m'a montré une quantité très sensible de tænite, certainement suffisante pour absorber toute la proportion de nickel indiquée. J'en conclus que le métal prédominant est une sorte d'acier, ou fer légèrement carburé, auquel peut convenir au moins provisoirement le nom de campbellite.

On vient de voir que le graphite, le fer carburé, le charbon ayant probablement appartenu à des matières bitumineuses, ont été signalés dans les fers et les pierres météoriques. Les recherches de M. Boussingault[3] ont eu pour but de constater si, dans certains fers d'origine cosmique, il y a du carbone au même état que celui où on le trouve dans les fers provenant des usines, dans l'acier, état désigné par les métallurgistes sous le nom de *carbone combiné*, et dont peut-être le caractère le plus saillant est de disparaître complètement pendant l'émission du gaz hydrogène résultant de l'attaque du métal par un acide. Le carbone combiné ne peut donc être mis en évidence que par les procédés employés pour le doser dans les fers et les aciers, la chloruration opérée par le bichlorure de mercure.

Nous résumerons les expériences de l'auteur.

I. Fer météorique de Caille (Alpes-Maritimes). — Ce fer était en copeaux. Après l'avoir traité par une solution de potasse, puis par l'éther, pour éliminer les matières organiques qui pouvaient adhérer à la surface, on l'a séché dans un courant de gaz hydrogène maintenu au rouge naissant.

0gr,986 de fer chloruré ont donné pour résidu une matière charbonneuse d'un noir mat, et très divisée, pesant	0gr,0065
Après la combustion et la réduction.	0 ,0050
Carbone brûlé.	0 ,0015

II. Un fragment de fer de Caille pesant 5 grammes a été chloruré. Résidu charbonneux noir, terne, extrêmement divisé.

1. *New Classification of meteorites* dans *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XLIII, 1867.
2. *Silliman's American Journal*. 2e série, t. X, p. 153. Feu M. Thomas Oldham, superintendant du Geological survey de l'Inde, considérait comme douteuse l'origine météorique de ce fer, mais sans donner de raison à l'appui de sa manière de voir. Voy. *Catalogue of the meteorites in the Museum of the Geological survey of India*, Calcutta, 1867.
3. *Comptes rendus*, t. LXXIV.

Poids	0gr,0350
Après combustion et réduction	0 ,0270
Carbone disparu.	0 ,0060

Après la chloruration, le charbon, très volumineux, a brûlé à la manière de l'amadou, quand on eut chauffé l'extrémité de la nacelle de platine dans laquelle il était déposé.

Dans les expériences I et II, 5gr,486 de fer ont donné :

Carbone 0gr,0075

Pour 1 gramme :

Carbone combiné. . . . . 0 ,0012

C'est la proportion qu'on trouve dans certains fers d'usine.

III. 1 gramme de fer de Caïlle a donné à l'analyse :

Sesquioxyde de fer.	1gr,279
Protoxyde de nickel	0 ,124

IV. De 1gr,2 de fer on a obtenu :

Protoxyde de nickel	0gr,1510
Correspondant à un poids de nickel métallique égal à	0 ,1188

1 gramme de fer météorique a donné par la méthode volumétrique :

Fer 0gr,8973

	III	IV
Fer.	89,53	89,73
Nickel	9,76	9,90
Carbone combiné.	0,12	0,12
Résidu insoluble dans l'acide, substances indéterminées, pertes [1]	0,59	0,25
	100,00	100,00

On a reconnu des traces de soufre ; on n'a pas réussi à mettre en évidence la présence du chrome ; on n'a pas cherché le cobalt.

Ces deux analyses, faites sur des fragments de fer, diffèrent notablement de celles faites antérieurement par M. le duc de Luynes et M. Rivot :

	Rivot.		De Luynes.
Fer.	82,5	92,7	87,6
Nickel	6,2	5,6	11,4
Chrome, cobalt, silicium . . .	»	00,9	cuivre. traces.
	98,5	99,2	99,0

1. Le résidu insoluble dans l'acide paraît contenir du fer chromé.

I. 1^{gr},265 de fer météorique de Lenarto, Hongrie, chloruré par le bichlorure de mercure a donné :

Poids du résidu.	0^{gr},0040
Après combustion et réduction	0 ,0040
Carbone.	0 ,0000

II. 1 gramme du même fer chloruré :

Poids du résidu.	0^{gr},0045
Après combustion et réduction.	0 ,0045
Carbone.	0 ,0000

Le résidu obtenu après la chloruration était d'un gris métallique; chauffé à l'air, on remarquait quelques étincelles brillantes. La matière brûlée, probablement des particules de fer, prenait une teinte brune qui disparaissait par la réduction dans le courant de gaz hydrogène.

Il n'y aurait donc pas de carbone combiné dans le fer de Lenarto, ni de graphite, qu'on aurait certainement aperçu dans le résultat de la chloruration.

De 1^{gr},265 de fer soumis à l'action du bichlorure de mercure, on a retiré :

Protoxyde de nickel.	0^{gr},138
Correspondant en nickel métallique à.	0 ,1086

et une trace de cuivre.

Dans 1 gramme de fer météorique, on a dosé par la méthode volumétrique :

Fer.	0^{gr},915

L'échantillon examiné contenait :

Fer.	91,50
Nickel.	8,58
Cuivre.	indices
Carbone.	0,00
Soufre.	0,00
Résidu insoluble.	0,30
	100,38

On n'a pas cherché le phosphore, le chrome, le cobalt. Cette composition diffère peu de celle que Wehrle assigne au fer de Lenarto :

Fer.	90,9
Nickel	8,5
Cobalt	0,7
Cuivre.	traces.
	100,1

PYRRHOTINE (TROÏLITE).

La pyrrhotine ou sulfure double de fer et de nickel est l'un des principes immédiats les mieux caractérisés des fers météoriques. Elle ne s'y est pas montrée jusqu'ici avec des formes cristallines, mais elle se présente en veines ou en rognons arrondis généralement cylindroïdes (fig. 9) et tout à fait compacts.



Fig. 9. — Rognon de pyrrhotine dans un fer météorique. Caillite tombée en 1862 à Victoria West, cap de Bonne-Espérance (grandeur naturelle).

Ces rognons toutefois offrent dans certaines circonstances une particularité bien intéressante qui, je le crois a échappé à l'attention des observateurs. Il s'agit d'une sorte de dessin régulier qui apparaît lorsque la surface polie d'un rognon de pyrrhotine est soumise à l'action d'un acide. On peut voir les figures auxquelles je fais

allusion (fig. 10) sur le rognon qui se trouve compris dans la surface polie du gros bloc de fer de Caille conservé dans la collection du Muséum. Sont-elles dues à une simple cristallisation ou à l'existence simultanée de plusieurs sulfures dans le

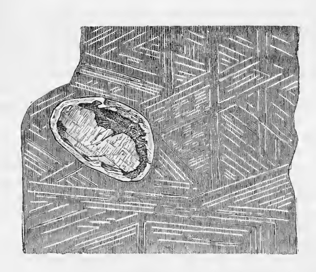


Fig. 10. — Structure régulière de la pyrrhotine cylindroïde du fer météorique de Caille (grandeur naturelle).

rognon? C'est ce que des études spéciales pourront seules décider; mais dès à présent je crois que l'interposition de feuillets de graphite régulièrement orientés n'est pas étrangère à la particularité que je signale. En examinant ces figures on remarquera leur liaison évidente avec celles qui se trouvent dessinées sur les régions les plus voisines du fer.

Pour séparer la pyrrhotine à l'état de pureté, on peut dans certains cas avoir recours à la limaille de fer. Cette limaille est mise à bouillir pendant un quart d'heure environ dans une dissolution concentrée de sulfate de bioxyde de cuivre. Tout le fer nickelé est dissous et, par la décantation et le lavage, on obtient un magma où domine le cuivre métallique dû à la décomposition du sulfate par le fer. Une petite quantité d'acide azotique fumant et froid dissout instantanément le cuivre sans altérer la pyrrhotine qui reste en mélange avec de la schreibersite, du graphite, et quelquefois de petits grains lithoïdes.

Quand le graphite est à un état extrême de division, il est oxydé par l'acide nitrique fumant; c'est ce qui arrive aussi pour le peu de carbone qui provient de la décomposition des carbures métalliques. Mais en général le graphite résiste à l'action de l'acide qui n'agirait qu'à l'ébullition, condition dans laquelle il dissoudrait la pyrrhotine.

L'aimant agissant sous l'eau est alors le meilleur moyen de séparation. La pyrrhotine et la schreibersite sont ainsi enlevées et il reste, comme résidu, le mélange du graphite avec les grains lithoïdes.

Pour séparer la pyrrhotine de la schreibersite j'ai recours à la lévigation, qui donne d'excellents résultats, vu la différence considérable de densité des deux substances : on verra en effet que la pyrrhotine ne pèse que 4,7 tout au plus, tandis que la schreibersite pèse de 7,01 à 7,22.

Dans les cas, d'ailleurs très fréquents, où le fer en expérience ne contient que peu de sulfure, il est désirable de supprimer l'emploi de l'acide azotique fumant, qui dissout toujours un peu de ce composé. Je remplace alors le sulfate de cuivre par le bichlorure de mercure. En prenant certaines précautions, on évite la production du mercure, et le calomel est enlevé par l'eau de chlore sans qu'il y ait la moindre trace de pyrrhotine qui soit attaquée. Si un peu de mercure métallique se produit, on s'en débarrasse toujours très facilement à cause de son énorme densité.

D'ailleurs il est toujours de beaucoup préférable, quand la chose est possible, de ne pas extraire la troïlite d'une partie quelconque d'un fer, mais des rognons cylindriques où elle s'est concentrée. En choisissant les parties centrales de ces rognons, on n'a plus à s'occuper de purifier la matière, du fer nickélifère et de la schreibersite qui l'accompagnaient tout à l'heure. Elle ne contient plus que le graphite et les grains lithoïdes dont on la sépare sous l'eau au moyen de l'aimant, après l'avoir porphyrisée avec soin.

Les premiers chimistes qui étudièrent le sulfure qui nous occupe, en firent de la pyrite magnétique que l'on rapprocha de la pyrrhotine de Breithaupt et dont la formule était par conséquent Fe^7S^8. Mais M. Lawrence Smith conclut de son analyse du sulfure de fer renfermé dans la masse de Tazewell qu'il a la composition du protosulfure FeS. Il lui maintint néanmoins le nom de pyrrhotine, ce qui pouvait apporter une certaine confusion dans cette étude.

M. Smith se basait d'ailleurs à la fois sur les résultats de son analyse et sur ceux obtenus par divers autres chimistes, tels que M. Taylor, qui avait étudié la pyrrhotine du fer de Toluca. Pourtant sa conclusion ne fut pas admise par tout le monde, et Dufrénoy par exemple semble disposé à la rejeter. L'existence bien constatée dans les météorites de la véritable pyrite magnétique cristallisée doit encore augmenter les doutes. C'est alors qu'on donna à ce minéral le nom de *Troïlite* en l'honneur de Dominique Troïli, auteur d'une notice sur la météorite d'Alboreto (1766).

Mais la distinction entre la troïlite, ou pyrrhotine de M. Smith, et la pyrite magnétique, ou pyrrhotine de Breithaupt, n'est pas aussi nette qu'on le suppose généralement : la différence de composition est faible et les propriétés physiques sont fort analogues.

Les deux minéraux sont d'un même jaune bronzé, leurs densités sont très voisines : 4,5 pour la pyrite magnétique et 4,7 pour la troïlite, et de plus variables dans certaines limites suivant les échantillons. Leur composition les différencie fort peu : le protosulfure de fer contient en moyenne 36,4 de soufre pour 63,6 de fer, et la pyrite magnétique, aussi en moyenne, 39,6 de soufre pour 60,4 de fer. Ces deux substances sont faiblement attirables à l'aimant; toutes deux fondent à la flamme réductrice en un globule noir fortement magnétique; toutes deux enfin se dissolvent facilement dans l'acide chlorhydrique avec un très abondant dégagement d'hydrogène sulfuré.

On sait déjà que la pyrite magnétique se distingue du protosulfure de fer par le dépôt de soufre qu'elle produit par le traitement aux acides. Mais cette réaction. très nette quand on a affaire à des produits très purs et abondants, n'est pas d'ordinaire applicable au sulfure des météorites.

En effet, outre qu'on ne peut presque jamais opérer que sur des quantités très faibles de troïlite, ne pouvant par conséquent donner, dans tous les cas, qu'un très faible dépôt de soufre, il faut remarquer que le minéral est bien loin de se dissoudre entièrement dans les acides. Il donne un abondant résidu très complexe dont on n'arrive à se débarrasser que par les méthodes exposées tout à l'heure et au prix de beaucoup de peine.

Il y a donc lieu, en se plaçant au point de vue pratique, de rechercher une réaction caractéristique pour l'un au moins des deux sulfures en question.

C'est dans ce but que j'ai soumis comparativement du protosulfure de fer artificiel et de la pyrrhotine à un très grand nombre d'essais. Je ne tardai pas à constater que le premier de ces corps précipite le cuivre métallique de ses dissolutions à peu près comme ferait le fer métallique, tandis que la pyrite magnétique ne donne lieu à aucun phénomène de réduction. Le protosulfure de fer obtenu par voie humide donne lieu à la précipitation métallique aussi bien que le composé de même formule obtenu par voie sèche; et il est même possible de remplacer le protosulfure de fer chimiquement pur par une substance contenant un peu plus de soufre, obtenu en fondant ensemble du fer et du soufre, sans voir le phénomène cesser de se produire. Mais, dès que la proportion de métalloïde approche de celle qui est exigée par la formule de la pyrrhotine, la précipitation devient impossible.

Il résulte de mes expériences qu'avec une quantité suffisante de protosulfure de fer, surtout celui préparé par voie humide, on arrive à priver une solution cuivreuse de tout le cuivre qu'elle contient; l'expérience réussit très bien avec la dissolution de sulfate de cuivre dans l'eau.

Avec une quantité suffisante de sulfate de cuivre on arrive à enlever tout le fer au précipité noir obtenu par l'action du sulfhydrate d'ammoniaque sur une solution ferrugineuse.

Après avoir constaté ce caractère distinctif, si facile à reconnaître, mais malaisé peut-être à expliquer, entre le protosulfure de fer et la pyrite magnétique, j'ai institué une série d'expériences comparatives au moyen d'échantillons purifiés de troïlite de diverses provenances.

Tous ces échantillons, placés en présence de solutions de sulfate de cuivre, dont j'ai fait varier la concentration et la température, se sont montrés absolument inertes. La troïlite se rapproche donc tout à fait sous ce rapport de la pyrite magnétique.

On va voir que, d'après mes analyses, il en est de même au point de vue de la composition chimique.

M. Lawrence Smith[1] a fondé surtout sa formule FeS sur l'analyse de la troïlite du fer de Tazewell, qui lui a donné :

1. *Tenth Annual Report of the Smithsonian Institution*, p. 153.

Fer	62,38
Nickel	0,62
Cuivre	traces
Chaux	0,08
Silice	0,56
Soufre	35,67
	99,31

et qui par conséquent était très impure.

On peut également tirer la même formule de l'analyse faite par M. Taylor[1] de la troïlite du fer de Toluca qui, d'après ce chimiste, renfermerait en centièmes :

Fer	57,95
Nickel	6,70
Cobalt	0,56
Silicium	0,05
Phosphore	0,25
Soufre	33,76
	99,27

Ces chiffres s'appliquent évidemment à une matière très complexe, où l'on reconnaît l'existence de schreibersite et de silicates. Sa densité était égale à 4,822 d'après le chimiste américain.

J'ai repris cette même troïlite du fer de Toluca, et après purification, qui a enlevé entre autres impuretés une très notable quantité de graphite dont M. Taylor ne parle pas, j'ai obtenu une substance dont la densité était égale à 4,799.

Cette substance, formée de troïlite pure, a été mélangée avec 3 parties de carbonate de soude sec et 4 parties d'azotate de potasse, puis portée au rouge dans un petit creuset de porcelaine. La masse fondue a été après refroidissement dissoute dans l'eau, et le soufre a été dosé dans le liquide filtré, sous forme de sulfate de baryte. Les métaux ont été amenés à l'état de nitrates et séparés par le succinate d'ammoniaque.

Traitée de cette manière, la troïlite du fer de Toluca m'a donné :

Fer	59,01
Nickel	0,14
Cuivre	traces
Soufre	40,03
	99,18

Je rappellerai que la formule de la pyrrhotine de Breithaupt, Fe^7S^8, exige 60,4 de fer contre 39,6 de soufre.

La troïlite préalablement purifiée du fer de Charcas offre une densité de 4,780. Elle m'a donné à l'analyse :

1. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXII, p. 374.

Fer.	56,29
Nickel	3,10
Soufre	39,21
	98,60

L'existence normale, quoique en proportion variable, du nickel, constitue d'ailleurs, comme on voit, un rapprochement de plus avec certaines variétés de la pyrite magnétique terrestre. Ma conclusion est qu'on doit représenter la composition de la troïlite par la formule :

$$(Fe,Ni)^7S^8.$$

Il faut remarquer que l'hypothèse de M. Lawrence Smith, d'après laquelle la troïlite serait du protosulfure, a pour elle, au moins en apparence, cette circonstance que la troïlite se trouvant pour ainsi dire noyée dans un très grand excès de fer, il semble tout naturel qu'elle contienne une aussi faible proportion de soufre que possible. Mais je rappellerai que le sulfure n'est jamais en contact avec la masse métallique : une couche plus ou moins épaisse de graphite l'en sépare.

La pyrrhotine est particulièrement abondante dans le fer de Sainte-Catherine ; aussi son analyse y a-t-elle été beaucoup plus facile. Les résultats publiés par M. Daubrée[1] confirment pleinement la formule qui vient d'être adoptée.

Je l'ai retrouvée récemment avec une abondance non prévue dans la météorite de Pallas[2].

Dans les météorites pierreuses la pyrrhotine se présente assez fréquemment en amas dont la forme est fort analogue à celle de fer nickelé. C'est même à cet état que ce composé fut d'abord découvert par Dominique Troïli, qui, comme je l'ai



Fig. 11. — Amas de pyrrhotine dans la météorite tombée le 9 juin 1867 à Tadjera (Algérie). Grandeur naturelle.

déjà dit, étudiait la météorite tombée en 1766 à Alboreto[3]. Dans ce cas les nodules

1. *Géologie expérimentale*, p. 531 et *Comptes rendus* t. LXXXIV, p. 482 (1877).
2. *Comptes rendus*, séance du 13 novembre 1882.
3. Voy. le Mémoire de Haidinger, *Akad. der Wissen. zu Wien*, séance du 27 mars 1863.

sont susceptibles d'une sorte de clivage; on en voit, entre autres, un très beau dans les météorites de Tadjera près de Sétif (9 juin 1867) (fig. 11).

Dans la météorite d'Emmet County (10 mai 1879), j'ai trouvé un grain de pyrrhotine offrant quelques indices de formes cristallines, et M. Brezina (de Vienne) a décrit un cristal qui ne laisse plus de doute sur la vraie nature de ce sulfure.

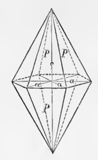


Fig. 12. — Rapport des axes dans les cristaux de pyrrhotine de la météorite de Juvinas (d'après Gustave Rose).

D'ailleurs Gustave Rose[1] a rencontré des cristaux très nets de pyrrhotine dans la météorite de Juvinas (fig. 12) et l'on a répété cette observation pour la météorite charbonneuse d'Orgueil[2].

SULFURE DOUBLE DE FER ET DE NICKEL.

Les météorites de Cold Bokkeweld renferment, d'après Wœhler et Harris[3] un sulfure double de fer et de nickel auquel on n'a pas donné de nom particulier et qui constituerait cependant une espèce spéciale. Ces chimistes supposent que le sulfure en question répond à la formule $NiS + Fe^2S^3$.

DAUBRÉELITE.

En étudiant la pierre de Bishopville, M. Shepard a rencontré un corps qu'il a considéré comme étant un sesquisulfure de chrome et qui était cristallisé en prisme. L'auteur de la découverte lui avait donné le nom de schreibersite, déjà appliqué à une autre espèce que nous allons décrire. M. de Haidinger y substitua le nom de shepardite, auquel on a attribué depuis un autre sens.

Très récemment, M. Lawrence Smith a retrouvé le même minéral en abondance dans le fer de Butcher (Cohahuila) (fig. 13), et il en a publié une description sous le nom de *daubréelite*[4].

1. *Annales de Physique et de Chimie*, t. XXXI, p. 81 (1826).
2. *Comptes rendus*, t. LVIII, 30 mai 1864.
3. *Comptes rendus*, t. LXXXIII. p. 74.
4. *Comptes rendus*, t. LXXXVII, p. 339.

La daubréelite a un clivage particulier; mais M. Smith n'a pu déterminer sa forme cristalline. Cette substance est très fragile et, lorsqu'on essaye de la détacher

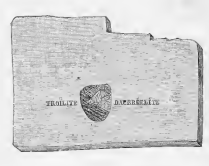


Fig. 15. — Rognon composé de daubréelite et de pyrrhotine (troïlite) dans la caillite découverte en 1866 à Cohahuila, Butcher (Mexique). Grandeur naturelle.

du fer, elle se casse en petits morceaux ressemblant à des parcelles de molybdénite. Au contact d'un puissant aimant, elle se laisse attirer par très petits fragments, ce qui provient peut-être d'une très petite quantité de troïlite dont il est difficile de la débarrasser. La matière devient faiblement attérable après avoir été chauffée au chalumeau.

Lorsqu'elle est pulvérisée, elle se convertit en une poudre complètement noire, dont la plus petite parcelle produit au chalumeau une réaction très forte de chrome. Lorsqu'elle est soumise à l'action d'une chaleur très intense, elle perd sa couleur brillante et devient d'un noir terne.

L'acide nitrique et l'eau régale la dissolvent entièrement; la solution qui en résulte est d'une couleur verte ou violette suivant les circonstances et fournit une forte réaction d'acide sulfurique et d'oxyde de chrome; le minéral n'est que peu sensible à l'effet des autres acides.

Cette solubilité dans l'acide nitrique le distingue aisément du fer chromé. M. L. Smith n'a pu obtenir qu'une très petite quantité de minéral pur ou à peu près pur, car la réaction des acides étant sur lui presque la même que sur la troïlite, il n'a pu les séparer qu'en variant le degré de concentration de l'acide nitrique et la durée du temps pendant lequel cet acide est en contact avec les minéraux.

Au chalumeau la substance perd son éclat, mais ne fond pas; avec le borax elle donne une couleur verte intense; après le refroidissement l'acide azotique la dissout complètement à chaud, sans dépôt de soufre; sa densité est égale à 5,01.

M. Lawrence Smith fait remarquer que, lorsqu'on sépare les oxydes de chrome et de fer hydratés par l'addition du brome à une solution alcaline qui tient les oxydes en suspension, l'opération doit être répétée une, deux ou trois fois pour convertir la totalité de l'oxyde de chrome en acide chromique, et par conséquent pour le séparer complètement du fer.

Les chiffres suivants donnent une moyenne de trois analyses, qui ont donné des résultats concordants, à 1/2 pour 100 près :

Soufre	42,69
Chrome	35,91
Fer	20,10
	98,70

Une matière charbonneuse se trouve dans le résidu.

Il est évident, d'après ces proportions, que ce minéral est un sulfure double correspondant par sa constitution à celle du fer chromé ou chromite FeO,Cr^2O^3, dans laquelle le soufre remplacerait l'oxygène. La daubréelite est en effet représentée par FeS,Cr^2S^3, la composition sur 100 parties est :

	Calculé.	Trouvé.
Soufre	44,29	43,26
Chrome	36,53	36,38
Fer	19,58	20,36
	100,00	100,00

La présence de la daubréelite sous forme très visible, dans le fer météorique de Cohahuila, a engagé le même chimiste à examiner avec soin d'autres fers météoriques dans lesquels elle ne se montre pas tout d'abord. Il n'a encore examiné que la troïlite de trois autres fers météoriques, ceux de Toluca, au Mexique, de Sevier Country (Tennessee) et de Cranbourne (Australie). Dans ces échantillons, il a trouvé la daubréelite en quantité très sensible, en se servant de $2^{gr},5$ de troïlite ; pour le fer de Cranbourne, il n'a employé que 1 gramme. Avec 2 grammes de troïlite de Toluca, la solution azotique renferme du chrome et du fer en quantité qui correspond à environ 60 milligrammes de daubréelite. Ce minéral se présente à l'état pulvérulent, mélangé de graphite et de schreibersite.

MILLÉRITE.

J'ai reconnu la présence du sulfure de nickel (millérite) dans le fer de Sainte-Catherine[1]. Il y est intimement associé à la pyrrhotine mais il en masque complètement la couleur propre. On la fait aisément disparaître en déposant sur le mélange des sulfures une goutte d'acide : la liqueur ne renferme que du nickel et le résidu reprend l'aspect de la pyrrhotine ordinaire.

OLDHAMITE.

Le sulfure de calcium a été rencontré dans la pierre de Busti, par M. Maskelyne[2], qui lui a donné le nom d'oldhamite et qui l'a retrouvé, quoiqu'en bien

1. *Comptes rendus*, séance du 15 avril 1879.
2. *Proceeding of the Royal Society of London*, séance du 9 octobre 1869.

moindre quantité, dans la pierre de Bishopville, empâté dans l'augite, ou dans l'enstatite, ou même dans toutes les deux à la fois. Ce minéral présente une couleur marron pâle, et forme de petites sphérules dont la surface est généralement revêtue de sulfate de chaux. Il se clive avec une égale facilité dans trois directions qui donnent des angles droits. Le système cristallin de l'oldhamite est donc le système cubique, et l'on reconnaît qu'elle est inactive sur la lumière polarisée. Sa densité est égale à 2.58, et sa dureté est comprise entre 3.5 et 4. Dans l'eau bouillante elle donne naissance à des polysulfures de calcium, et dans les acides elle se dissout aisément en dégageant de l'hydrogène sulfuré. Sa composition est exprimée par les analyses suivantes :

		I	II
Oldhamite.	Monosulfure de calcium. . .	89,369	90,244
	Monosulfure de magnésium.	3,246	3,264
Gypse.		3,951	4,189
Carbonate de chaux.		3,434	»
Troïlite		»	2,303
		100,000	100,000

OSBORNITE

Dans la météorite de Busti, M. Maskelyne[1] a trouvé un oxysulfure de titane ou de zircone qu'il appelle osbornite.

Ce composé remarquable constitue des octaèdres microscopiques d'un jaune d'or, empâtés dans l'oldhamite, dont nous venons de parler. Il y avait plus de 150 de ces cristaux dans 0gr,0028 d'oldhamite, et, malgré leur extraordinaire petitesse, on put les soumettre aux mesures goniométriques.

Ces cristaux, appartenant au premier système, sont fragiles, et leur poussière conserve la belle couleur jaune évidemment intrinsèque des cristaux eux-mêmes. Leur rareté en rend l'étude chimique fort difficile. Mis à bouillir pendant longtemps avec l'acide chlorhydrique le plus concentré, ils ne subissent aucune action, et l'acide fluorhydrique lui-même ne paraît pas les attaquer. Ils résistèrent également à la fusion avec le carbonate sodicopotassique. Chauffés dans un tube de porcelaine, en présence de chlore sec, ils perdirent leur éclat, prirent une couleur d'un jaune de miel et donnèrent lieu à un sublimé blanc. Abandonnés à l'air, les cristaux ainsi traités tombèrent en déliquescence et acquirent une consistance pâteuse ; l'eau put alors les dissoudre en partie, produisant une liqueur alcaline précipitable par l'oxalate d'ammoniaque. Le résidu insoluble fut dissous presque entièrement par l'acide chlorhydrique et la solution donna un précipité abondant avec l'oxalate. L'eau qui avait lavé le chlore et le sublimé recueilli dans le tube de porcelaine à l'aide de l'acide chlorhydrique, furent mélangés et donnèrent un précipité blanc avec le chlorure de baryum, puis, après séparation, un précipité par l'ammoniaque qui ressemblait à de l'alumine, et qui pourtant résista à la potasse et précipita de sa solution acide, par l'hyposulfate de soude et par le sulfate de potasse. On l'examina pour titane, mais avec un résultat négatif. Il ne restait donc à supposer que

1. *Proceedings of the royal Society of London*, 9 octobre 1869.

le zirconium, et il fallut admettre que les cristaux jaunes résultent de l'union de cet élément avec le calcium et le soufre dans des conditions de stabilité fort dignes d'intérêt.

SCHREIBERSITE

La schreibersite est un phosphure triple de fer de nickel et de magnésium très répandu dans les fers météoriques.

Pour l'extraire de la limaille de fer, celle-ci est mise à bouillir avec une dissolution saturée de sulfate ou de chlorure de cuivre, jusqu'à disparition totale de tout le fer nickelé. Le cuivre métallique est enlevé par l'acide azotique fumant, et l'aimant fournit un mélange de schreibersite et de troïlite. Après avoir enlevé la plus grande partie de cette dernière au moyen de la lévigation, on se débarrasse du reste à l'aide de l'acide chlorhydrique étendu : la schreibersite reste enfin absolument pure.

Le bichlorure de mercure doit, comme précédemment, être employé dans les cas où la schreibersite est peu abondante, ou bien lorsqu'on veut isoler du même coup les grains lithoïdes parfois empâtés dans le fer.

D'ailleurs ici, comme à propos de la troïlite, il y a toujours avantage à extraire la schreibersite, non pas de la limaille de fer, mais de certaines régions particulièrement riches en phosphure auxquelles il donne une grande fragilité qui peut les faire reconnaître.

Les résultats que j'ai obtenus en analysant la schreibersite du fer de Toluca, préalablement soumise à la série de purifications indiquées ci-dessus, m'a fourni des résultats qui ne diffèrent pas sensiblement de ceux qu'on regarde généralement comme définitivement acquis.

Ces résultats se recommandent néanmoins par leur netteté due à la pureté de la matière analysée.

On sait que l'analyse de trois échantillons de la schreibersite contenue dans le fer de Tazewell a fourni à M. Lawrence Smith[1] :

Fer.	57,22	56,04	56,53
Nickel.	25,82	26,43	28,02
Cobalt.	0,32	0,41	0,28
Cuivre.	traces	»	»
Phosphore. . . .	13,92	non dosé	14,86
Silice.	1,62	»	»
Alumine.	1,63	»	»
Zinc.	traces	»	»
Chlore.	0,13	»	»
	100,66		99,69

d'où il a conclu la formule

$$Fe^4Ni^2Ph,$$

1. *Tenth Annual Report of the Smithsonian Institution*, p 153.

qui exige

Fer.	55,86
Nickel.	29,17
Phosphore.	15,47
	100,00

Il m'a paru très désirable de contrôler ce résultat par une analyse exécutée sur la schreibersite bien pure. Le fer de Toluca m'en fournit une petite quantité dont la densité était 7,105, c'est-à-dire un peu plus forte que celle admise par M. Smith pour la schreibersite de Tazewell, qui d'après lui pèse 7,017.

La matière que je venais de purifier fut dissoute dans l'eau régale, puis la solution étendue d'eau, fut précipitée par le sulfhydrate d'ammoniaque. Les sulfures ainsi obtenus ayant été lavés avec du sulfhydrate additionné d'ammoniaque pour entraîner tout l'acide phosphorique qu'ils pouvaient retenir, le liquide filtré fut additionné de la quantité exactement nécessaire d'acide chlorhydrique étendu pour précipiter tout le sulfure de nickel. Après concentration de la liqueur, l'acide phosphorique fut dosé à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien. De leur côté les sulfures dissous dans l'acide azotique furent traités comme il a été dit précédemment.

Faite dans ces conditions, mon analyse me donna :

Fer.	57,11
Nickel.	28,55
Cobalt.	traces
Magnésium.	traces
Phosphore.	15,01
	100,47

Les chiffres auxquels je suis arrivé et la confirmation qu'ils donnent à la formule proposée par M. Lawrence Smith, me paraissent d'autant plus intéressant que M. Bergmann[1], analysant cette même schreibersite de fer de Toluca, avait obtenu les nombres suivants, qui ne conduisent à aucune formule :

Fer.	87,0
Nickel.	9,5
Phosphore.	3,5
	100,0

On ne peut expliquer ce résultat qu'en admettant, en mélange avec la schreibersite, une grande quantité de fer métallique, que le traitement au bichlorure de mercure aurait fait disparaître. On peut se convaincre de l'existence réelle de ce fer en plongeant un fragment de schreibersite brute du fer de Toluca dans du sulfate de cuivre : il en sort recouvert de petites taches de cuivre métallique.

A l'état de pureté la schreibersite en question se présente sous forme d'une poudre composée d'écailles microscopiques d'un blanc métallique très mat dont la surface est quelquefois légèrement jaunâtre. Elle est très fragile. L'aimant l'attire

1. *Poggendorff's Annalen*, t C, p. 245.

et, par son contact, lui communique des pôles qu'elle garde indéfiniment. L'acide chlorhydrique froid est sans action sur elle, mais le même acide opère à chaud une dissolution d'ailleurs fort lente. Malgré de nombreuses recherches, je n'ai jamais rencontré de forme cristalline un peu nette.

Un phosphure de fer contenu dans la météorite de Decsa m'a donné :

Fer	60,00
Nicke	26,75
Phosphore	10,29
	97,04

RHABDITE

Les aiguilles brillantes de *rhabdite*, isolées du fer de Braunau (fig. 14), analysées par M. Fischer, ont donné :

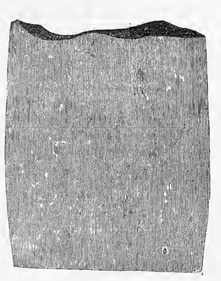


Fig. 14. — Aiguilles de rhabdite dans la braunite tombée le 14 juillet 1847 à Braunau, en Bohême. Grandeur naturelle.

Fer	56,450
Nickel	25,015
Phosphore	11,722
Chrome	2,850
Carbone	1,156
Silice	0,985
	98,158

MAGNÉTITE

L'oxyde salin de fer connu sous le nom de magnétite se rencontre dans un grand nombre de météorites pierreuses, et par exemple, comme l'a reconnu Wœhler, dans la charbonneuse de Cold Bokkeweld.

D'après M. Tschermak, la pierre de Shergotty contient de la magnétite dans la proportion de 4.57 p. 100[1].

L'écorce des fers météoriques est surtout composée de magnétite.

Voici comment j'ai opéré pour l'isoler :

Après avoir, à l'aide d'une scie, séparé de la masse météorique les portions qui portent la croûte, on les abandonne pendant un temps suffisant dans une solution concentrée de bichlorure de mercure. Tout ce qui était métallique se dissout et il ne reste plus que les oxydes, au nombre desquels compte la croûte.

Celle-ci est encore, toutefois, mêlée de matières étrangères. On y rencontre ordinairement des produits de son altération sous l'influence des agents atmosphériques et surtout de la limonite. De la schreibersite, de la troïlite et des grains lithoïdes peuvent aussi se trouver en mélange avec elle et leur séparation est difficile.

L'acide chlorhydrique très faible enlève la limonite et la troïlite; les grains lithoïdes restent comme résidu à la suite du triage à l'aimant ; enfin on se débarrasse de presque toute la schreibersite par la lévigation.

D'ailleurs, on peut simplifier beaucoup l'ensemble des opérations en choisissant des régions de la croûte qui paraissent déjà à peu près pures. Elles se détachent souvent avec facilité des parties métalliques sous-jacentes.

M. Pugh[2] a publié l'analyse de la croûte du fer de Toluca. Or, il résulte clairement pour moi de l'inspection des chiffres qu'il a obtenus qu'ils lui ont été fournis, non par un minéral pur, mais par le mélange de plusieurs substances. Comme c'est précisément la croûte de ce fer qu'il m'a été donné de pouvoir analyser, je rappellerai que M. Pugh a trouvé :

Fer métallique	18,717
Protoxyde de fer	19,509
Sesquioxyde de fer	32,750
Protoxyde de nickel et de cobalt	5,751
Chaux	traces
Silicate	10,203
Eau	13,270
Chlore	traces
	100,000

Il est évident que le fer métallique, les silicates et l'eau ne sont pas des éléments essentiels et doivent être considérés comme des impuretés.

1. *Akad. zu Wien*, séance du 22 février 1872.
2. *Die Meteoriten in Sammlungen*, par le Dr Buchner, p. 142.

Ayant purifié autant que possible, par la méthode indiquée précédemment, un peu de la croûte du fer de Toluca, j'en ai mesuré la densité que j'ai trouvée égale à 4,89.

Je l'ai dissoute à l'abri du contact de l'air dans de l'acide chlorhydrique, puis j'ai traité le liquide fortement acidulé par une dissolution titrée de bichromate par de potasse suivant la méthode indiquée par Penny. Le protoxyde de fer ainsi déterminé et le sesquioxyde de chrome étant séparé par le filtre, le peroxyde total a été précipité par le succinate d'ammoniaque et a donné par différence le peroxyde réel, existant dans le minéral. Le nickel et le cobalt ont été cherchés dans le liquide sans que l'excès de bichromate de potasse ait eu d'inconvénient.

Ainsi traitée la croûte du fer de Toluca m'a donné :

Sesquioxyde de fer.	68,93
Protoxyde de fer.	28,12
Protoxyde de nickel.	2,00
Protoxyde de cobalt.	traces
	99,05

Ces nombres satisfont tout à fait à la formule

$$Fe^2O^3,(Fe,Ni)O$$

qui ne diffère de celle de la magnétite que par la substitution d'un peu de nickel à une quantité correspondante du fer du protoxyde.

Une remarque très importante est que si dans l'analyse de Pugh on ne considère que le sesquioxyde de fer, le protoxyde de fer et les protoxydes de nickel et de cobalt, on arrive à des nombres très rapprochés de ceux que demande la formule précédente.

Dans certaines météorites, les produits ocracés sont fort abondants ; mais ils doivent être considérés comme les résultats d'une altération à la surface de la terre. Le fer de Sainte-Catherine est particulièrement riche en oxydes de fer, limonite et gœthite, auxquels il convient d'attribuer cette origine.

CHROMITE

C'est à l'état de fer chromé que Laugier a, dès 1806, reconnu la présence du chrome dans les météorites.

Quelques-unes le renferment en proportion très notable, comme la pierre du Chassigny[1] et la météorite du désert d'Atacama[2], où il se trouve en petits grains disséminés.

D'après M. Shepard[3], le fer de Senecafalls contient des cristaux octaédriques très brillants de chromite.

1. Damour, *Comptes rendus*, t. LV, p. 591.
2. Stanislas Meunier, *Comptes rendus*, séance du 26 décembre 1882.
3. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XV, p. 273.

En étudiant la météorite de Breitenbach M. Maskelyne y a observé un petit octaèdre du même minéral.

M. Lawrence Smith a signalé la présence du fer chromé en rognon dans le fer de Cohahuila, où il présente des caractères particuliers.

Deux sections pratiquées par M. Lawrence Smith[1] dans le fer de Cohahuila ne montrèrent que de rares nodules, mais dont l'une offrit un rognon ovale bien dessiné de 12 millimètres environ de diamètre et à 6 centimètres environ de la surface du fer, dont il était séparé par du métal compact et solide. Il s'assura qu'il différait de tous les autres nodules observés jusque-là dans l'intérieur de la météorite; il ne contenait pas de troïlite, et, quoique noir, il n'était pas composé de graphite. En l'examinant soigneusement à la loupe, on trouva dans la substance noire quelques particules d'un minéral translucide, et celles-ci, observées au microscope, se montrèrent incolores, sauf deux ou trois, qui étaient verdâtres; il y avait aussi quelques lamelles de fer attirables au barreau aimanté.

Sa poudre fine, fondue avec du borax, donne un émail d'un vert de chrome très intense. Mais cette poudre, chauffée au bain-marie, avec l'acide nitrique, n'éprouve pas la moindre action, alors que la daubréelite est aisément dissoute, avec dépôt d'un résidu vert de chrome foncé.

Après la fusion avec le carbonate de soude, jusqu'à ce qu'aucune action ne se produisit plus, et après lavage du résidu, l'acide nitrique ne fut pas plus actif qu'avant la fusion.

Ces réactions firent supposer à M. Lawrence Smith qu'il avait affaire à la chromite. $0^{gr},150$ en poudre très fine, furent fondus avec dix fois leur poids de bisulfate de soude; lorsque le minéral fut fortement attaqué, mais non dissous, le résidu insoluble fut fondu avec un mélange de carbonate de soude et de nitre, et on procéda comme pour une analyse ordinaire de la chromite. L'auteur obtint les résultats suivants, qui comprennent le fer extrait du bisulfate fondu :

Sesquioxyde de chrome.	62,61
Protoxyde de fer	33,81
	96.42

La masse renfermant en outre un peu de magnésie, de cobalt et de silice. La silice et la magnésie proviennent sans doute du silicate incolore ou verdâtre signalé plus haut, et qui consiste soit en enstatite, soit en péridot. En considérant la petite quantité de matière employée et la présence de faibles proportions d'autres éléments, cette analyse établit clairement que le minéral est de la chromite.

C'est la première fois qu'on trouve la chromite en nodules dans l'intérieur d'un fer météorique.

Divers points des particules de chromite, au microscope, se sont montrés transparents sur les bords et d'une couleur violet rouge foncé.

La transparence de la chromite a déjà été notée par M. Thoulet.

1. *Comptes rendus*, t. XCII, p. 99.

EAU

L'eau a souvent été signalée dans les météorites, mais il ne paraît pas bien certain qu'elle ne soit pas due, au moins dans la plupart des cas, à une simple absorption de l'eau atmosphérique par la matière météoritique. C'est comme eau hygroscopiques que l'on envisage d'ordinaire celles que contiennent les météorites charbonneuses, d'ailleurs si poreuses. Il est plus difficile d'expliquer de cette manière l'eau qui est renfermée d'après Kurr dans la pierre de Turuma[1] et celle que Martius a reconnue dans la pierre de Zebrak[2].

Piddington indique 0,12 p. 100 d'eau dans la pierre de Shalka[3].

QUARTZ.

Le quartz, si abondant dans les roches terrestres, est singulièrement rare dans les météorites. Il a été signalé par Joy dans le fer de Cosby's Creek[4], mais cette observation paraît mériter confirmation. Gustave Rose, dont les assertions sont au-dessus de toute vérification, a trouvé du quartz dans le fer de Toluca[5], malheureusement ce minéral n'existait que dans les portions les plus superficielles du fer et on peut se demander s'il ne proviendrait pas du sol sur lequel le fer est tombé.

Suivant les observations de M. Daubrée[6], certains échantillons de la chute d'Orgueil présentent de petits grains d'une matière parfaitement blanche, qui se distinguent par conséquent avec beaucoup de netteté sur la couleur noire de la pâte malgré leur petitesse. Leur diamètre excède rarement un millimètre. Ils sont friables, et leur poussière transparente et incolore ne présente à l'examen microscopique que des formes angueuses et fragmentaires. Cette matière est inattaquable par l'acide chlorhydrique concentré et bouillant. Chauffé au blanc sur un fil de platine à la lampe de Bunsen, chaque grain conserve ses arêtes tout à fait vives. Au chalumeau avec le sel de phosphore, elle ne se dissout pas ; avec le carbonate de soude, elle fond en un verre transparent. La petite quantité de substance dont on pouvait disposer n'a pas permis d'en faire un examen plus approfondi, mais les réactions qui précèdent montrent qu'elle a tous les caractères de l'acide silicique. Elle paraît d'ailleurs inactive sur la lumière polarisée, comme les variétés de quartz amorphe et comme l'opale.

ASMANITE

C'est le nom donné par M. Maskelyne à des cristaux constitués essentiellement de silice anhydre, mais ayant une autre densité et une autre forme cristalline que

1. *Philosophical transactions*, supplément de janvier 1863.
2. *Poggendorff's Annalen*. t. VI, p. 28.
3. *Wien. Akad. Ber.*, t. XLI, p. 251.
4. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXXXVI, p. 39.
5. *Berliner Akademie*, livraison du 7 août 1862.
6. *Nouvelles Archives du Muséum*. t. III, 1867.

le quartz, et qui font partie de la météorite de Breitenbach; un échantillon très pur a donné :

Silice	99,21
Oxyde de fer.	0.79
	100,00

L'auteur en a étudié la cristallographie avec le plus grand soin[1]. Les éléments du cristal sont

$$a : b : c = 1,7437 : 1 : 3,3120$$

Les angles sont

$$100 : 101 = 27^{\circ}46'$$
$$100 : 110 = 60^{\circ}10'$$
$$110 : 101 = 63^{\circ}19'$$

Les axes optiques sont compris dans un plan parallèle à 010; la bissectrice principale étant perpendiculaire au plan 100. Dans l'air leur angle apparent est de 107° environ.

On ne peut douter que l'asmanite ne soit orthorhombique. En comptant la tridymite de M. de Rath, il constitue donc une troisième forme cristalline de la silice.

CORDIÉRITE

La cordiérite, qui n'est autre chose qu'un silicate, double d'alumine et de magnésie répondant à la formule $3MgO,Al^2O^3,5SiO^3$, existerait, d'après M. Shepard, dans la météorite de Bishopville[2].

GRENAT

Le grenat a été plusieurs fois indiqué dans les météorites et par exemple par M. Shepard dans le fer d'Union C°, Géorgie[3]. Grothus[4] l'a aussi signalé, bien qu'avec réserve, dans la pierre de Lixna.

IDROCRASE

C'est à l'idocrase que M. Shepard rapporte de petits grains dont il a reconnu la présence dans la pierre de Nobleborough[5].

1. *Proceedings of the Royal Society of London*, 26 janvier 1870.
2. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. II, p. 392.
3. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XVII, p. 325.
4. *Erman. Archiv.*, t. V, p. 179.
5. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. VI, p. 407.

SPHÈNE

Le silicotitanate de chaux, connu sous les noms de sphène et de titanite, existe, d'après Rammelsberg, dans la météorite alumineuse de Juvinas[1].

LABRADOR

Le feldspath labrador entre dans la composition d'un grand nombre de météorites. Par exemple, M. Sartorius de Waltershausen le signale dans la pierre de Bishopville[2]; M. Abich, dans la météorite de Stavropol[3]; M. Shepard, dans la pierre de Richmond[4], etc.

MASKELYNITE

M. Tschermak a distingué sous ce nom, le minéral feldspathique qui constitue 22,50 pour 100 de la météorite de Shergotty[5]. L'analyse lui en a donné :

Silice	56,3
Alumine	25,7
Chaux	11,6
Soude	5,1
Potasse	1,3
	100,0

Mais on peut regarder cette matière, dont la densité est égale à 2,65, comme ne constituant qu'une simple variété de labradorite. M. Tschermak a trouvé, en effet, dans un échantillon venant du Labrador[6] :

Silice	56,0
Alumine	27,5
Sesquioxyde de fer	0,7
Magnésie	0.1
Chaux	10,1
Soude	5,0
Potasse	0,4
	99,8

1. *Poggendorff's Annalen*, t. LXXXIII, p. 585.
2. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXXXI, p. 369.
3. *Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. II, p. 439.
4. *Silliman's American Journal*, t. XV, p. 195; t. XVI, p. 191; t. XLXX, p. 102, et 2e série, t. VI, p. 411.
5. *Sitz. des K. Akad. der Wiss*, *zu Wien*, t. LXV, février 1872.
6. *Id.*, t. L, p. 566.

ORTHOSE.

L'orthose est l'élément fondamental de la météorite tombée à Werchne Tschirskaja Stanitza[1].

D'après Lawrence Smith, le même minéral existe dans la météorite de Pétersbourg[2]; et dans la météorite d'Igast, d'après M. Grewinck.

ANORTHITE.

Le feldspath anorthite, d'après M. Rammelsberg, est un des minéraux principaux de la météorite de Stannern[3]. Grothus l'indique aussi dans la pierre de Lixna[4]. Dans cette dernière météorite, la matière feldspathique est peut-être du labrador.

Gustave Rose, qui l'a étudié en 1826 sous le nom de labrador[5], a donné de l'un des cristaux une figure que nous reproduisons ici (fig. 15) et où l'on voit une mâcle par hémithropie.

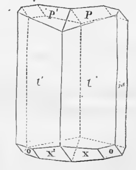


Fig. 15. — Cristal mâclé d'anorthite de la météorite de Juvinas. D'après G. Rose.

ll' sont les plans latéraux antérieurs des deux cristaux de l'hémithropie; M sont les troncatures des arêtes latérales aiguës, et les plans parallèles au plan de jonction des deux cristaux; P et X sont les plans terminaux des côtés antérieur et postérieur. Les plans P et P' et les plans X et X' font entre eux des angles rentrants.

Plus récemment M. Victor de Lang[6] a soumis à des mesures goniométriques cette même anorthite de la météorite eukritique de Juvinas.

Le cristal examiné (fig. 16) porte les faces :

1. *Erman. Archiv.*, t. V, p. 181.
2. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXIV, p. 134, et t. XXXI, p. 264.
3. *Poggendorff's Annalen*, t. LXXXIII, p. 591.
4. *Erman. Archiv.*, t. V, p. 179.
5. *Annales de Chim. et de Physique*, t. XXXI, p. 81. 1826.
6. *K. Akad. zu Wien.* 14 nov. 1867.

M (010)
M' $(0\bar{1}0)$
P (001)
e $(0\bar{2}1)$
l' $(\bar{1}10)$
T' $(\bar{1}\bar{1}0)$
o' $(\bar{1}11)$
p' $(\bar{1}\bar{1}1)$.

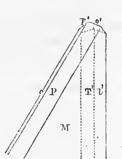


Fig. 16. — Forme de l'anorthite de l'eukrite tombée le 15 juin 1821 à Juvinas (Ardèche), d'après M. de Lang.

Voici les résultats des mesures; la deuxième colonne contient les chiffres donnés par M. Kokscharow pour les cristaux types d'anorthite [1].

MP	= 93°. . . .	94°.10'
Me	= 136.10' . . .	136.48
Ml'	= 59.40	58.4
MT'	= 115.40 (env.)	117.35
Mo'	= 61 —	64.55
o'p'	= 55 —	52.53
T'p'	= 57.10	56.23
p'P	= 64.0	64.17
Po'	= 67.20.	67.52
o'l'	= 55.40	56.15.

OLIGOKLASE.

En analysant la météorite de Gopalpur, M. Exner y a reconnu la présence d'un feldspath, très voisin de l'oligoklase. Ce minéral, qui fait plus de 10 pour 100 de la masse totale, contient :

1. *Materialen zur Mineralogie Russland*, t. IV, p. 200.

Silice	65,5
Alumine	25,7
Chaux	5,6
Soude	9,4
	106,2

FERROSILICITE.

Tel est le nom que M. Shepard donne à un silicate de protoxyde de fer qu'il aurait trouvé dans diverses météorites, et qui aurait la formule chimique Fe^6Si ; il paraît assez mal défini et nous ne le citons que pour mémoire.

PÉRIDOT.

Le péridot, silicate de magnésie, en général ferrugineux, a pour formule RSi. On le rencontre dans un très grand nombre de météorites ; il est la base de plusieurs pierres, telles que celles de Chassigny, de Bialistock, etc. Nous verrons qu'il existe en abondance dans les fers de Krasnojarsk, d'Atacama, etc. Enfin, on le retrouve en proportion plus ou moins grande, dans une foule de pierres, celles de Sierra de Chaco, de Pétersbourg, de Stravropol, etc., par exemple.

Le péridot de fer de Pallas a donné à Berzélius :

Silice	40,86
Magnésie	47,35
Protoxyde de fer	11,72
Protoxyde de manganèse	0,43
	100,36

Gustave Rose[1] a soumis à des mesures goniométriques un cristal presque complet, provenant du même fer et « qui avait non seulement une grande quantité de plans, mais qui avait aussi des plans si lisses et si brillants qu'ils se prêtaient à des mesures très exactes. » (Fig. 17.)

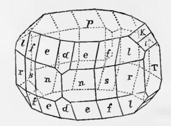


Fig. 17. — Cristal de péridot de fer de Pallas, d'après G. Rose.

C'est un prisme droit à bases rhombes *n* dont les arêtes latérales aiguës sont

1. *Annales de Chimie*, t. XXXI, p. 94. 1826.

bisellées par les plans *s* et *r* et tronquées par le plan T. P est un plan perpendiculaire à l'axe; les plans *k* et *i* sont droitement mis sur T; *d* est droitement mis sur l'arête obtuse du prisme *n*. Les plans *e*, *f*, *l* font des arêtes parallèles entre elles et à la diagonale oblique de *d* et ils sont droitement mis, *e* sur *n*, *f* sur *s* et *l* sur *r*.

Les axes sont dans la proportion suivante :

$$a : b : c = \sqrt{0,6270} : 2\sqrt{0,7269} : 1,$$

et les angles trouvés par Rose sont :

P sur M	= 90°
k sur T	= 159°53′
i sur T	= 156°55′
n sur T	= 114°55′
s sur T	= 132°53′
r sur T	= 144°20′
d sur T	= 90°
e sur T	= 110°
f sur T	= 126°4′
l sur T	= 157°51′
P sur *d*	= 128°22′.

De la météorite de Lodran M. Tschermak a retiré des cristaux de péridot renfermant :

Silice	40,14
Magnésie	46,01
Protoxyde de fer	13,55
Oxyde de chrôme	0,60
	100,30

Voici, d'après M. de Lang, les éléments goniométriques de ce péridot[1] :

	Mesurés.	Calculés.
100 : 110 =	65°2	65°2
110 : 110 =	49°49	49°57
100 : 210 =	46°30	47°2
100 : 310 =	35°30	35°36
100 : 201 =	41°0	40°27.

Sa densité est égale à 3.307.

L'olivine, extraite de la howardite de Luotalaks, a donné à M. Arppe[2] :

Silice	37.41
Alumine	0.27
Protoxyde de fer	28.61
Protoxyde de manganèse	0.79
Magnésie	32.92
	100.00

1. *Wien. Akad. Ber.*, t. LXI.
2. *Acta Soc. sc. fenn.* VIII. Helsmfort, 1867.

Ce qui est très sensiblement la composition du péridot de Chassigny.

M. Rammelsberg a publié[1] de nombreuses observations sur les mélanges isomorphes dans l'olivine des météorites. Voici ses résultats :

$FeMg^8$: Krasnojarsk, Blansko, Kleinwenden, Lodran.
$FeMg^6$: Pultusk, Murcie, Tadjera, Stavropol.
$FeMg^4$: Brahin, Atacama, Chantonnay, Dhurmsalla, Dundrum, Nashville, Œsel, Richmond, Goalpora, Hessle, Zsadany.
$FeMg^3$: Hainholz, Borkut, Linn County, Saint-Mesmiu, Muddoor, Tourinnes, Utrecht, Eichtadt, Gopalpur, Khetree, Mezo-Madraas, Staldallen.
$FeMg^2$: Chassigny, Alais, Luotalaks, Bachmut, Mauerkirchen, Montrejeau, Parnallee, Skye, Krahenberg, Lancé, Tjabé.
$FeMg^{1,5}$: Shalka.
FeMg : Bandong, Château-Renard, Kakowa, Grosnaja.
Fe^2Mg : Ensisheim.

SHEPHARDITE.

C'est le nom que Gustave Rose a donné à un silicate de magnésie, dont la formule serait Mg^2Si^3, et qu'on trouve, par exemple, dans la lithosidérite de la Sierra de Chaco. Ce minéral n'est pas défini d'une manière satisfaisante.

ENSTATITE.

L'enstatite est le bisilicate de magnésie $MgSi^2$; elle paraît exister dans une foule de météorites. D'après M. Maskelyne, elle constitue presque seule la pierre de Manegaum, Inde.

M. des Cloizeaux a bien voulu mesurer des aiguilles d'enstatite que j'ai découvertes dans la météorite de Dcesa et que j'ai décrites sous le nom de *Victorite*.

Voici ses résultats :

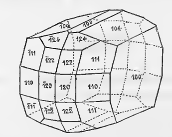


Fig. 18. — Forme cristalline de l'enstatite de la météorite de Breitenbach, d'après M. de Lang.

$$g^1n = 134^o5' \text{ à } 20'$$
$$g^1h^1 = 90^o40'$$

1. *Abhand. Akad zu Berlin*, 1870, p. 138, et 1879, p. 24.

g^1m sur $h^1 = 46^0$
$mh^1 = 137^020'$
mm^1 sur $h^1 = 95^0$ à $93^040'$
h^1m gauche $= 136^025'$; $135^040'$ (?)
$g^1m = 134^0$; $134^040'$
mm' sur $g^1 = 88^0,40'$.

Dans la météorite de Breitenbach, M. de Lang [1] a étudié une série de cristaux d'enstatite qui lui ont permis de très nombreuses mesures goniométriques; elles sont résumées dans la figure 18.

CHLADNITE.

La chladnite est un silicate encore plus acide que l'enstatite, puisqu'elle a pour formule $MgSi^3$. On la trouve dans plusieurs pierres et entre autres dans la météorite de Bishopville, d'après M. Sartorius de Waltershausen [2].

HOWARDITE.

La howardite existe, d'après M. Shepard, dans les météorites de Jowa [3] et de Nanjemoy [4]. C'est un silicate double de fer et de magnésie répondant à la formule $FeOSiO^3 + MgOSiO^3$. Cette espèce pourrait bien n'être qu'un mélange de plusieurs minéraux.

SHALKITE.

La piddingtonite ou shalkite est le nom donné par M. de Haidinger au minéral noir caractéristique de la météorite de Shalka. Sa formule est 3FeO,4SiO. Il demanderait de nouvelles études; car d'après M. Rammelsberg [5], la shalkite ne serait que de la bronzite.

ANTHOPHYLLITE.

L'anthophyllite, minéral très voisin de l'hypersthène, a été trouvé par M. Haughton dans la météorite tombée, en 1844, en Irlande [6].

1. *Sitz. d. Ak. zu Wien.* t. LIX, p. 848.
2. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXXIX, p. 266. Nous devons citer à ce sujet un travail que M. Smith a publié en 1864 dans le *Silliman's*, t. XXXVIII, p. 227, et d'après lequel la chladnite aurait réellement la composition de l'enstatite.
3. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. IV, p. 189 et 429; t. VI, p. 251 et 280; t. XI, p. 38, et t. XV, p. 6.
4. *Silliman's American Journal*, t. IX, p. 35; t. X, 131, et 2e série, t. VI, p. 406.
5. *Chemical News*, du 19 août 1870.
6. *Poggendorff's Annalen*, t. CXIII, p. 508.

CHANTONNITE.

On a désigné quelquefois sous le nom de chantonnite le silicate noir qui donne naissance aux veines de plusieurs météorites, telles que Chantonnay, Charsonville, Mexico (îles Philippines), fig. 19, etc. D'après M. Shepard[1] sa dureté varie de 6,5 à 7 et sa densité est égale à 3,48. On n'a eu pendant bien longtemps que des notions fort vagues sur sa composition. J'ai montré que ce prétendu minéral n'est qu'une teinture développée par la chaleur.

La chaleur, en effet, développe dans les météorites grises un curieux phénomène dont je me suis préoccupé de rendre compte.

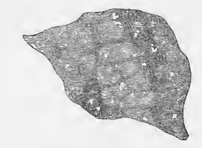


Fig. 19. — Veines noires de la météorite tombée à Mexico (îles Philippines) en 1859. Grandeur naturelle.

Voici succinctement le résultat de mes études[2].

La première chose à faire était évidemment de préciser les conditions de l'expérience, afin de reconnaître les causes déterminantes de la transformation. Or, il est facile de voir tout d'abord, que la température exerce sur elle une influence capitale : au-dessous du rouge, la nuance du produit est d'autant plus éloignée du noir que la température a été moins élevée; au-dessus du rouge, la dureté, la ténacité et la densité paraissent croître avec le degré de la chaleur. De telle sorte qu'il serait sans doute possible de préciser beaucoup les conditions de température par lesquelles ont passé, par exemple, la pierre de Sétif et les fragments lithoïdes du fer de Deesa. (Voir plus loin la description détaillée de ces masses).

En second lieu, l'air atmosphérique ne joue aucun rôle dans le phénomène. A première vue, il semblait naturel d'attribuer la coloration noire à une oxydation partielle du fer; mais cette explication n'a aucune valeur. En effet, d'une part, le noircissement a eu lieu dans la matière même de la pierre de Sétif, avant son arrivée dans notre atmosphère et, ce qui est encore plus probant, dans les fragments empâtés au milieu du fer de Deesa; et, d'autre part, il est aisé de développer la coloration noire à l'abri de toute influence oxydante. Ainsi, j'ai amené au noir un petit fragment de la pierre de Pultusk en le chauffant dans un courant d'acide

1. *Report on American meteorites*, p. 7.
2. *Comptes rendus*, t. LII, p. 339.

carbonique, tandis que je n'ai pu décolorer ni même faire pâlir un fragment de la pierre de Sétif, en le soumettant au rouge dans l'hydrogène.

Dans d'autres expériences, j'ai reconnu que si le chauffage a lieu en présence d'un excès d'air, le produit n'est plus noir, mais d'un rouge ocreux; et les fragments chauffés dans un creuset, et qui sont noirs à l'intérieur, présentent souvent sur leurs surfaces externes une coloration rubigiueuse. L'influence de l'air est encore plus nettement visible quand on chauffe dans un creuset un peu grand un petit fragment de montréjite. Tandis que les globules compacts deviennent franchement noirs, le ciment très poreux, et, partant imprégné d'air, devient rouge.

On pouvait se demander si la pierre ne perd rien pendant sa transformation; je me suis assuré que la calcination n'en dégage aucune substance.

D'ailleurs, et cette remarque est décisive en même temps contre toute idée d'action oxydante, le poids de la pierre n'est pas sensiblement changé par la calcination.

Il résulte de ces faits que la transformation qui nous occupe est due à un changement dans l'état moléculaire de la roche et non pas à l'addition ou à la soustraction d'éléments particuliers. Aussi était-il indiqué d'examiner au microscope la disposition de la matière noire à l'intérieur de la pierre.

Contrairement à ce que l'on aurait pu croire, cette matière est très loin de constituer la masse tout entière; et même on trouve beaucoup de parties où elle ne se montre pas. Ces parties sont incolores et très cristallines, comme le prouve leur action sur la lumière polarisée. La matière noire, au contraire, est opaque, et comme elle n'offre pas de contours définis, il est impossible de dire si elle est amorphe ou cristalline. Elle est, du reste, disposée d'une manière tout à fait irrégulière, encadrant les grains incolores ou bien formant à leur intérieur, tantôt des lignes plus ou moins contournées, tantôt les ponctuations plus ou moins serrées.

J'aurais voulu déterminer la proportion de cette matière noire, mais aucun procédé ne permet de la séparer des substances avec lesquelles elle se trouve en mélange.

En combinant ensemble les résultats des expériences et des observations microscopiques ci-dessus rapportées, on arrive à penser que la coloration noire s'explique en admettant que les météorites grises contiennent un ou plusieurs silicates multiples à base de magnésie et de fer, qui se dédoublent sous l'influence de la chaleur en silicates magnésiens incolores et en silicate de fer noir.

Reste à déterminer la composition de ce dernier composé. Ainsi que je l'ai dit, on ne peut parvenir à le séparer, mais celles de ses propriétés que l'on arrive à constater permettent de se faire une idée très précise de sa véritable nature.

Ce silicate est attaquable aux acides et cela même à froid, pourvu que l'expérience dure assez longtemps. Si, en effet, on abandonne dans l'acide chlorhydrique pur la poudre fine obtenue par la porphyrisation de la pierre de Pultusk, préalablement noircie par la calcination, on observe, après un temps suffisant (l'expérience a duré près d'un mois), qu'elle est complètement décolorée. Lavée à l'eau pour enlever l'acide et les sels solubles, puis à la lessive de potasse pour dissoudre la silice gélatineuse et enfin à l'eau pour entraîner l'excès d'alcali, elle donne une poudre qui, desséchée, est d'un gris très clair, tout à fait comparable à la couleur qu'avait la météorite avant sa transformation. Il résulte de là que, dans la pierre de

Sétif, la substance noire fait partie de la matière attaquable dont l'analyse m'a donné les résultats suivants[1] :

		Oxygène.	
Silice.	18,64		9,95
Magnésie.	17,89	6,93	8,19
Protoxyde de fer . .	5,71	1,26	
Soude	traces		
Alumine	traces		
Fer nickelé.	12,62		
Troïlite	5,01		
	59,87		

Cette matière attaquable présente, comme on voit, presque exactement la composition du péridot. Il faut donc que le silicate noir, mélangé sans doute à un silicate magnésien, ait lui-même la composition du péridot. La première pensée est de le rapprocher de l'espèce nommée fayalite, et l'on doit reconnaître qu'il en offre à peu près les caractères extérieurs; toutefois il en diffère complètement par son inertie à l'égard de l'aimant.

La matière séparée par l'aimant, du produit obtenu en pulvérisant la pierre noircie, est bien noire elle-même ; mais il est facile de voir que les grains magnétiques sont simplement enduits de matière noire, car si l'on dissout tout le métal au moyen d'un acide faible, il reste une très petite quantité d'une poudre parfaitement noire qui n'est plus altérable.

Après avoir reconnu la nature péridotique du silicate noir, il faut chercher aux dépens de quelle matière ce silicate est produit. On peut se demander en effet s'il résulte d'une simple modification subie par les matières péridotiques, ou s'il dérive de minéraux plus acides. Or, sans trancher positivement la question et sans affirmer que des minéraux péridotiques ne peuvent point donner naissance à un silicate de ce genre, on doit reconnaître que le silicate noir se forme dans les parties pyroxéniques ou amphiboliques. Ainsi, les globules de la météorite de Montréjeau, qu'on regarde, à la suite du travail de M. Damour, comme formés de feldspath et de pyroxène, deviennent parfaitement noirs ; et cela, ainsi qu'on l'a vu plus haut, même dans des conditions où le ciment, bien plus riche en péridot, ne change pas de couleur.

De plus, on reconnaît que ces globules, insolubles comme on sait dans les acides, deviennent partiellement attaquables après la calcination et se dépouillent alors de la nuance noire que celle-ci leur communique.

Ajoutons, en passant, que cette sorte de liquation explique peut-être comment certains silicates deviennent partiellement attaquables dans les acides à la suite d'une calcination : il s'y ferait une espèce de départ, dont le produit serait un ou plusieurs protosilicates solubles.

En résumé, il paraît bien démontré que la coloration noire éprouvée par les météorites grises sous l'influence de la chaleur, est due à la séparation, dans ces météorites, d'un composé particulier de nature péridotique, qui résulte d'une

1. *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 514.

espèce de liquation subie par les silicates préexistants et spécialement par ceux dont la composition se rapproche des pyroxènes et des amphiboles.

On remarquera que la petite manipulation qui consiste à chauffer au rouge un fragment de météorite peut, dans certains cas, fournir des données très précises quant à la composition minéralogique des roches ainsi traitées. Par exemple, la pierre de Montréjeau manifeste par ce procédé des grains irréguliers qui se détachent grâce à leur couleur d'un blanc mat rappelant l'aspect du plâtre, et qui ne sont point signalés dans les analyses. De même dans la pierre de Pultusk apparaissent des grains incolores très actifs sur la lumière polarisée et ayant tous les caractères de la variété d'enstatite que j'ai désignée sous le nom de victorite[1]. Ce minéral existe dans la pierre normale de Pultusk, mais il est difficile à voir et avait passé inaperçu, tandis qu'on le trouve facilement dans la roche noire, grâce au contraste de sa couleur avec celle de la masse principale.

SERPENTINE.

La serpentine, ou silicate de magnésie hydraté, existe, d'après M. Wœhler, dans les météorites charbonneuses.

WOLLASTONITE.

La wollastonite est un bisilicate de chaux, dont la formule est $CaSi^2$. Il a été trouvé par M. Harris dans la météorite de Kakowa[2].

BRONZITE.

La bronzite du fer de Rittersgrun a donné à M. Maskelyne[3] :

Silice	56,051
Magnésie	30,847
Protoxyde de fer	13,439
	100,337

Sa densité est égale à 3.238 et sa dureté à 6.

M. Tschermak[4] a trouvé dans la bronzite de la météorite de Lodran :

Silice	55,35
Magnésie	32,05
Protoxyde de fer	12,13
Alumine	0,60
Chaux	0,58
	101,51

1. *Cosmos* du 21 août 1869.
2. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien*, t. XXXIV, p. 8.
3. *Proceedings of the Royal Socety;* janvier 1863.
4. *Sitz. d. Ak. zu, Wien*, février 1872.

Sa densité est égale à 3.313. Voici le résultat de l'étude faite par M. de Lang de sa forme cristalline :

				Observations.	Calculs.
100	:	320	=	34°50	34.30
100	:	110	=	45.56	45.52
100	:	230	=	57.15	57. 6
100	:	130	=	71.56	72. 5

Nous empruntons au grand travail de M. Rammelsberg [1] les faits suivants, concernant les mélanges isomorphes dans les bronzites météoritiques (Mg comprend le calcium quand il existe) :

$FeMg^5$: Lodran, Bachmut, Blansko, Pultusk.
$FeMg^4$: Breitenbach, Ensisheim, Chantonnay, Klein-Wenden, Montréjeau, Œsel, Richmond, Stavropol.
$FeMg^3$: Hainholz, Shalka, Borkut, New Concord, Skye, Tourinnes, Uden, Utrecht.
$FeMg^2$: Manegaum, Château-Renard, Danville, Saint-Mesmin, Seres, Shergotty.
$FeMg^2$: Luolalaks, Tadjera.

AUGITE.

Le pyroxène augite est, comme M. Rammelsberg l'a reconnu, l'un des éléments constituants de la météorite de Stannern [2]. On le retrouve dans les pierres analogues. Grothus le signale dans la météorite de Lixna [3], et M. Lawrence Smith dans celle de Petersburgh [4].

Le pyroxène magnésien de la météorite de Deesa m'a donné :

Silice.	55,76
Magnésie	41,85
Chaux.	3,89
	101,50

Gustave Rose [5] a représenté (fig. 20) un cristal de pyroxène extrait de la météorite de Juvinas.

C'est, dit-il, un prisme oblique M avec les troncatures r et l de l'arête latérale aiguë et obtuse ; ayant à ses extrémités un bisellement à l'arête oblique qui est vers les troncatures de l'arête latérale aiguë. M sur l mesure de 136°3′ à 146°5′.

« La couleur du pyroxène, ajoute Gustave Rose, est d'un brun verdâtre, opaque, l'éclat sur les plans assez fort. Il se fond au chalumeau sur les arêtes en un verre noir et devient magnétique ; il ne l'était pas auparavant. Il se dissout lentement mais entièrement dans le borax, en montrant les réactions du fer ; dans la flamme

1. *Abhandl. k. Akad. Wiss. Berlin*, 1870, page 139, et 1879, p. 25.
2. *Poggendorff's Annalen*, t. LXXXIII, p. 591.
3. *Erman Archiv.*, t. V, p. 179.
4. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXIV, p. 134, et t. XXXI, p. 264.
5. *Annales de chimie*, t. XXXI, p. 82. 1826.

extérieure, il se dissout avec effervescence. Le verre est vert, fondu dans la flamme intérieure, et un peu rougeâtre dans la flamme extérieure; les couleurs s'éva-

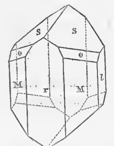


Fig. 20. — Cristal de pyroxène de la météorite de Juvinas, d'après G. Rose.

nouissent presque entièrement par le refroidissement. Ce pyroxène ne se dissout que très peu dans le phosphate de soude et d'ammoniaque; il fond avec un peu de carbonate de soude en un globule noir; avec une quantité plus grande de soude, la masse entre dans le charbon et l'on obtient du fer en lavant, à la manière connue, le charbon imbibé de soude. »

La météorite de Busti (2 déc. 1852) a donné à M. Maskelyne[1] des cristaux d'augite parfaitement mesurables. L'auteur a trouvé

		Angles.			
001	100	environ	75°30′		
001	110	environ	81°		
110	100	de	45°54′	à	47°26′
$1\overline{10}$	110	de	85°8′	à	86°20′
100	111(?)	de	53°25′	à	54°15′
001	$\overline{1}10$		100°8′		

Le plan contenant les axes optiques et perpendiculaire à la base 100, 100 et le caractère optique dans le centre du champ est négatif.

Ce pyroxène parfaitement isolé et purifié a donné à l'analyse :

	I.	II.
Silice.	55.389	55.594
Magnésie	23.621	23.036
Chaux.	20.020	19.942
Oxyde de fer. . .	0.780	0.309
Soude.	0.554	0.554
Lithium.	traces	traces
	100.364	99.435

Considérée comme celle d'un silicate de magnésie et de chaux, la composition centésimale devient :

1. *Proceedings of the Royal Society*, t. XVIII, p. 154. 1869.

Silice.	56.165	56.604
Magnésie.	23.612	23.585
Chaux.	20.223	19.811
	100.000	100.000

qui conduit à la formule

$$\left(\frac{5}{8}Mg, \frac{3}{8}Ca\right)O,SiO^2.$$

Il est vrai que cette formule ne s'accorde pas avec celles des variétés ordinaires d'augite, mais l'excès de magnésie doit s'expliquer par le mélange avec l'enstatite dont la présence dans la météorite de Busti a été directement constatée.

DIOPSIDE.

M. Maskelyne[1] a démontré la présence du diopside dans la météorite de Busti.

PECKHAMITE.

Sous ce nom, M. Lawrence Smith désigne un minéral de couleur jaune verdâtre, à éclat gras, assez clivable, renfermé dans la météorite d'Estherville.

On y trouve :

Silice	49,60
Protoxyde de fer.	15,78
Magnésie	33,01
	98,79

résultat que l'auteur[2] cherche à représenter par la formule

$$2SiR + Si,2R.$$

J'ai retrouvé la même substance parfaitement caractérisée dans les météorites de Logrono et de Sierra de Chaco[3].

HORNBLENDE.

L'amphibole hornblende existe dans plusieurs météorites et spécialement dans celle de Moustel Pank, île d'Œsel, d'après l'analyse de Goëbel[4].

ARAGONITE.

M. Lawrence Smith a donné au Muséum un échantillon de fer de Newton C°, Arkansas, à la surface duquel on observe çà et là de petites quantités de calcaire ;

1. *Loc. cit.*
2. *Comptes rendus*, t. XC, p. 1460.
3. *Comptes rendus*, t. LXXX, p. 1097. 1872.
4. *Poggendorff's Annalen.*, t. XCIX, p. 642.

mais il n'est pas impossible que ce minéral provienne simplement du sol sur lequel la météorite a séjourné [1].

Sur une des masses de fer de Cohahuila (Mexique) pesant 210 kilogrammes, M. L. Smith a de même remarqué [2] une petite quantité d'une incrustation, couvrant environ 15 centimètres carrés de la surface du corps ; sur une autre, qui pèse 275 kilogrammes, on voit une incrustation qui occupait à l'origine plus de 200 centimètres de la surface ; cette matière est fortement attachée au fer, et, lorsqu'on la casse (ce qui est souvent arrivé par suite d'un maniement opéré sans précaution), une partie du fer qui a été oxydé se détache en même temps ; l'épaisseur de la croûte varie de 1 à 5 millimètres.

Cette substance raye facilement le spath calcaire ; la surface en est irrégulière et granuleuse ; si on la brise perpendiculairement à la surface du fer, on peut très bien la polir et l'on observe alors sur plusieurs morceaux une structure irrégulière et ondulée, parallèle à la surface du fer, avec des veines jaune et brun foncé ; en contact avec les acides, elle fait effervescence. C'est une incrustation d'aragonite.

Voici, d'après M. Lawrence Smith, la composition de ce minéral :

Carbonate de chaux	93,10
Sesquioxyde de fer.	1,00
Magnésie.	traces
Résidu insoluble	4,60
Eau	1,00
	99,70

Quant à sa formation, il est évident que cette matière s'est incrustée sur le fer après la chute de ce dernier.

BREUNNERITE.

La breunnerite est un carbonate double de magnésie et de protoxyde de fer, découvert par M. Des Cloizeaux dans la météorite d'Orgueil [3]. Comme c'est le seul carbonate dont la présence dans les météorites soit absolument incontestable, nous croyons devoir analyser la description de M. Des Cloizeaux. La breunnerite de la pierre d'Orgueil se présente en cristaux excessivement petits ($\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ de millimètre de côté), qui ont l'apparence de parallélipipèdes obliquangles traversés par des fentes qui semblent indiquer un triple clivage ; l'un des cristaux observés par l'auteur, portait une petite troncature triangulaire sur un de ses angles solides obtus ; à l'extérieur, les cristaux offrent un faible éclat nacré et à l'intérieur quelques places translucides d'une couleur grisâtre à côté de parties opaques et noires.

APATITE.

M. Rammelsberg a reconnu la présence de l'apatite dans la météorite alumineuse

1. *Silliman's American*, t. XL, p. 213.
2. *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 1055.
3. *Comptes rendus*, etc., t. LIX, p. 829.

de Juvinas[1]. M. Shepard signale le même minéral dans les pierres de Little Piney[2], et de Forsyth[3].

EPSOMITE.

Le sulfate de magnésie existe dans les météorites charbonneuses, qui l'abandonnent à l'cau[4].

GYPSE.

Le gypse ou sulfate de chaux accompagne l'epsomite dans les météorites charbonneuses[5].

THÉNARDITE.

Le sulfate de soude doit aussi être cité comme existant dans la pierre d'Alais[6].

SEL GEMME.

Le sel gemme existe dans certaines météorites pierreuses et tout spécialement dans celle de Lancé (Authon), Loir-et-Cher[7].

PROTOCHLORURE DE FER (LAWRENCITE).

Un très grand nombre de fers météoriques contiennent du protochlorure de fer. Sous l'influence de l'air celui-ci passe à l'état de perchlorure qui suinte souvent au travers de la masse et compromet la conservation des échantillons. C'est par exemple ce qui a lieu pour le magnifique bloc de fer de Cranborne, que l'on voit dans les galeries du British Museum. Il tombe de lui-même en morceaux, et d'après M Maskelyne si, au moyen d'un foret on y perce un trou, on voit couler du protochlorure de fer dont la couleur verte passe peu à peu au brun. M. Lawrence Smith[8] a trouvé dans le fer météorique de Tazewell un cristal, du premier système, en tièrement formé de protochlorure de fer.

1. *Pogendorff's Annalen*, t. LXXIII, p. 585.
2. *Silliman's American Journal*, t. XXXVII, p. 385 ; t. XXXIX, p. 254, et 2e série, t. VI, p. 407.
3. *Silliman's American Journal*, t. XVIII, p. 388.
4. D'après Berzélius : *Poggendorff's Annalen*, t. XXXIII, p. 113.
5. *Id.*
6. *Id.*
7. *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 465.
8. *Mineralogy and Chemistry*, p. 278.

KABAÏTE.

Sous ce nom, Wœhler désigne une matière organique extraite des météorites charbonneuses et qui consiste en un carbure d'hydrogène analogue à l'ozokérite et à la schérérite. On n'en connaît d'ailleurs pas jusqu'ici la composition exacte[1].

1. V. le mémoire de Cloez; *Comptes rendus*, t. LLX, p. 132.

VI

POINT DE VUE LITHOLOGIQUE

On a admis pendant fort longtemps entre les météorites des diverses chutes une identité presque complète sous tous les rapports, ou tout au moins des ressemblances très intimes. Cette opinion, toute fausse qu'elle soit, a été d'abord fort utile à la science en portant les savants à reconnaître la réalité du phénomène de la chute des pierres : de ce que les pierres étaient toutes semblables entre elles on concluait plus aisément que leur origine était commune.

Aujourd'hui, au contraire, il est constaté qu'il existe autant de variétés entre les météorites qu'entre les roches terrestres, et l'on en est même arrivé à ce point que leurs caractères généraux se bornent à fort peu de chose. En les examinant de près on voit surgir entre elles de profondes différences.

Les météorites composées de fer métallique compact sont celles qui frappent tout d'abord l'attention. On les désigne depuis bien longtemps sous le nom de *fers météoriques* et, par opposition, d'autres sont appelées *pierres météoriques*. Entre ces deux termes extrêmes on trouve des masses qui établissent de l'un à l'autre des transitions très ménagées.

Le fait de la présence ou de l'absence du fer métallique a paru à tout le monde être le meilleur caractère pratique pour établir de grandes divisions parmi les météorites.

La plupart des météorites contiennent à la fois, et même quand la première apparence ne le ferait pas croire, du fer et de la pierre en proportion d'ailleurs extrêmement variables.

La situation relative de ces minéraux est loin d'être toujours la même. Tantôt la pierre est à l'état de grains englobés dans le fer, tantôt, au contraire, le métal est en grenailles disséminées dans la pierre.

Dans de pareilles conditions, la première chose que nous ayons à faire est de chercher à établir parmi les météorites une classification.

Or, à notre sens, dans aucune branche des sciences naturelles, une classification *naturelle* n'est possible.

Exprimer à la fois tous les rapports et toutes les différences existant entre divers êtres, dépasse absolument les facultés humaines, et l'on est réduit à donner la préférence à celle des classifications qui exprime simplement le *plus grand nombre* de ces rapports et de ces différences.

Si l'on admet cette manière de voir, on devra reconnaître qu'elle est particu-

lièrement applicable aux classifications géologiques qui offrent des difficultés spéciales.

En minéralogie, une classification est relativement facile.

Les individus sont définis par leur composition d'abord et ensuite par leur forme cristalline. Cela, bien entendu, sous réserve des perturbations apportées par l'isomorphisme, le polymorphisme, etc.

En lithologie, au contraire, l'individu, qui est un simple mélange, n'étant pas définissable, la classification même artificielle est par cela même extrêmement difficile.

Par exemple, on admet que le granit et le gneiss constituent deux espèces distinctes : ces roches ont cependant la même composition immédiate, c'est-à-dire résultent du mélange en proposition semblable des mêmes minéraux : quartz, orthose et mica. La différence, qui suffit pour les caractériser, est celle de leur structure : le gneiss est feuilleté, le granit est massif; mais le caractère est loin d'être absolu. Certains gneiss sont très peu schistoïdes, et tous les lithologistes admettent chez le granit une variété feuilletée. Les deux espèces sont donc liées par des intermédiaires insensibles et il est dès lors impossible de les définir.

Mais ce n'est pas tout. La proportion des minéraux constituants est variable à l'infini. Dans le granit, le mica peut devenir progressivement très peu abondant : la roche passe alors à la pegmatite sans que l'on puisse dire à quel moment une des espèces fait place à l'autre. Le mica peut changer un peu de composition et devenir plus riche en fer; on ne sait alors si l'on a affaire à un granit ou à une protogine. Si le feldspath devient rare, on passe peu à peu à l'espèce greisen; si c'est le quartz dont la proportion diminue, c'est l'espèce minette ou bien l'espèce kersanton qui prennent naissance.

De plus, quand on définit le granit : un assemblage cristallin et grenu, de quartz, de mica et de feldspath, on donne là une définition idéale. En général, outre ces minéraux, la roche en contient d'autres, en proportion ordinairement faible, mais essentiellement variable. De la tourmaline, du grenat, de l'amphibole, se rencontrent souvent dans le granit; en certains cas leur proportion peut devenir considérable, et alors ce n'est plus du granit qu'on a, mais des roches de passage conduisant à l'hyalo-tourmalite, à la grenatite ou au diorite.

Il résulte encore de là, comme on voit, une augmentation d'incertitude dans la définition des individus, c'est-à-dire une augmentation de difficulté pour les classer.

Toutefois il est indispensable de présenter à ceux qui étudient les types de roches suivant un ordre méthodique. Si on les mettait dès le début en présence d'échantillons disposés au hasard, ils ne se tireraient jamais de ce dédale. Il faut donc recourir à un arrangement, mais il faut savoir ne prétendre qu'à un arrangement essentiellement artificiel.

Ces considérations s'appliquent toutes aux météorites, et c'est pour cela que nous les avons indiquées. Elles suffisent pour nous faire prévoir qu'une classification naturelle des météorites est impossible.

PRINCIPAUX SYSTÈMES PROPOSÉS POUR LA CLASSIFICATION DES MÉTÉORITES.

Un très grand nombre de systèmes différents ont été proposés. On a classé les météorites quelquefois d'après leur couleur, quelquefois d'après leur densité, quelquefois d'après leur composition.

Ce dernier système est sans contredit de beaucoup le meilleur, et c'est celui que nous adopterons. Avant de l'exposer, nous croyons devoir indiquer quelques-unes des classifications les plus remarquables qui ont été publiées.

CLASSIFICATION DE PARTSCH.

Pour Partsch, alors directeur du cabinet minéralogique de Vienne, les météorites se divisaient, en 1843, de la manière suivante (1):

I. Pierres météoriques.

A. Anormales (sans fer sulfuré, ou ne le renfermant qu'en poudre, visible seulement au microscope).

a) Pierres charbonneuses:
Alais, *Cap de Bonne-Espérance*, etc.

b) Pierres de nature scoriacée:
Chassigny, *Shalka*.

B. Normales (avec fer sulfuré, etc.).

a) Sans fer métallique; la croûte luisante:
Juvinas, *Stannern*, *Bishopville*, etc.

b) Avec fer métallique, la croûte mate:
Ensisheim, *Laigle*, *Richmond*, *Forsyth*, etc.

II. Fers météoriques.

A. Ramifiées (avec péridot dans les alvéoles):
Atacama, *Kranosjarsk*, *Rittersgrün*, etc.

B. Compactes (ne contenant pas de matières non métalliques mêlées au fer):
Toluca, *Tazewell*, *Caille*, *Seriba*, etc.

1. *Die Meteoriten in Sammlungen.*

CLASSIFICATION DE GUSTAVE ROSE.

Les météorites sont disposées, dans le musée de Berlin, d'après le système suivant, publié en 1863 par Gustave Rose (1).

I. Fers météoriques contenant de la troïlite, de la schreibersite, etc.

a) Formés d'un seul individu, non constitué par des écailles superposées: *Braunau*, *Claiborne*, etc.

b) Formés de nombreux individus de grande dimension : *Seelasgen*, *Zacatecas*, *Nelson-Co*, etc.

c) Formés d'un seul individu pourvu d'écailles superposées et parallèles aux faces de l'octaèdre : *Arva*, *Sarepta*, *Agram*, *Caille*, etc.

d) Formés de plusieurs individus de petite dimension: *Rasgata*, *Chesterville*, etc.

2. Pallasites (fer météorique avec des cristaux de péridot disséminés) : *Krasnojarsk*, *Atacama*, etc.

3. Mésosidérites (mélange de fer nickélifère, de fer sulfuré, d'olivine et d'augite): *Hainholz*, *Sierra de Chaco*, etc.

II. Pierres météoriques.

1. Chondrites (masse finement grenue, consistant surtout en silicates magnésiens, et renfermant de petits grains de fer chromé, de fer nickélifère et de fer sulfuré) : *Barbotan*, *Charsonville*, *Vouillé*, etc.

2. Howardites (mélange finement grenu de péridot et d'un silicate analogue à l'anorthite, avec fer chromé et fer nickélifère) : *Luotalacks*, *Bialystock*, *Mœssing*.

3. Shalkites (mélange d'olivine, de shepardite (2) avec silicate alumineux, fer nickélifère, fer sulfuré, etc.) : *Bishopville*.

4. Chassignites (mélange grenu de péridot, riche en fer, et de fer chromé): *Chassigny*.

1. *Berliner Akademie*, 7 août 1862, et 15 janvier 1863.
2. Voir les articles consacrés plus haut à la shepardite et à la piddingtonite.

5. Météorites charbonneuses :
Alais, Cold-Bokkeweld, Kaba.

6. Eukrites (mélange d'anorthite et d'augite, fer nickélifère, fer sulfuré, etc.).
Juvinas, Stannern.

CLASSIFICATION DE REICHENBACH.

Reichenbach a adopté pour la riche collection qu'il possédait, la classification dont voici les traits généraux (1):

1re famille. Pierre dépourvue de métal libre.

Premier groupe :
Chassigny, Bishopville, Jonzac, etc.

Deuxième groupe :
Uden, Shalka, Stannern, Juvinas, etc.

2e famille. Masse blanchâtre renfermant des grains de fer.
Premier groupe : sans aucune boule noirâtre, ou tout au plus une ou deux isolées çà et là.

a) Blanchâtre, avec des parties légères empâtées :
Nashville, Wold-Cottage, Aumières, Apt, etc.

b) D'un blanc bleuâtre :
New-Concord, Château-Renard, Vouillé, etc.

Deuxième groupe : contenant d'assez grosses boules noirâtres; pierres rudes au toucher.

Lucé, Gross-Divina, Richmond, etc.

Troisième groupe : boules disséminées, les unes foncées et les autres claires :
Siène, Nobleborough, Bialystock, etc.

3e famille. Masse grise, solide, non friable, renfermant plus de fer et de fer sulfuré que les météorites précédentes; la densité est aussi plus grande.

a) *Sigena, Charsonville,* etc.

b) Parties grises et parties blanches entrelacées :
Luponnas, Salles, Laigle, etc.

c) Avec des parties blanchâtres empâtées :
Mezo-Madaras, Parnallee, Bremerworde, etc.

d) Gris foncé :
Chantonnay, Tabor, Barbotan, etc.

1. *Poggendorff's Annalen*, t. CVI, p. 166.

4e famille. Masse verdâtre :
Ensisheim, Stavropol, Erxleben, etc.

5e famille. Masse d'un brun noirâtre et contenant une matière charbonneuse :
Renazzo, Kaba, Alais, etc.

6e famille. La pierre renferme de grandes parties compactes et brunes :
Mayence, Segowlée, Charvallas.

7e famille. La substance pierreuse est régulièrement mélangée avec le fer.
Terme moyen : *Hainholz.*

Premier groupe, avec péridot pur :
Brahin, Krasnojarsk, Atacama, etc.

Deuxième groupe, fer avec parties pierreuses empâtées :
Toluca.

8e famille. Métal cristallisé, contenant des bandes de fer nickélifère; donnant les figures de Widmanstætten.

Premier groupe :
Tula, Santa-Rosa, Caille, Tazewell, etc.

Deuxième groupe :
Braunau, Tucuman, etc.

Troisième groupe :
Union-Co, Ragasta, etc.

Quatrième groupe :
Lenarto, Arva, Sarepta, Zacatecas, etc.

Cinquième groupe :
Durango, Schwetz, etc.

CLASSIFICATION DE M. SHEPARD.

M. Shepard a successivement proposé trois systèmes différents de classification de météorites.

Voici le résumé du dernier (1) :

Ire classe. LITHOLITES. Météorites pierreuses.

1re sous-classe. Eucritiques; pierres dont la cristallisation est distincte.

Premier ordre : feldspathiques; contenant un ou plusieurs feldspaths :
Stannern, Petersburgh, Manegaum, etc.

Deuxième ordre : Augitiques; renfermant de l'augite :
Chassigny, Bishopville, Shalka, Ensisheim.

1. *Silliman's American Journal of science and arts*, 2e série, t. XLIII, janvier 1867.

2e sous-classe. Discritiques; pierres dont les éléments minéralogiques sont indistincts.

Premier ordre : Psammitiques ; ayant la structure du grès :
Exleben, *Klein-Meno*.

Deuxième ordre : Howardiques; ayant une structure massive et compacte :
Aumières, *New-Concord*, *Charsonville*, *Laigle*, etc.

Troisième ordre : Oolithiques; renfermant des grains oolithiques :
Montréjeau, *Trenzano*, *Pegu*, etc.

Quatrième ordre : Porphyritiques; ayant une structure sub-porphyritique :
Agra, *Richmond*, *Barbotan*, etc.

Cinquième ordre : Basaltiques; ayant une structure trapéenne :
Chantonnay, *Renazzo*, etc.

3e sous-classe. Anthraciques; pierres renfermant des matières charbonneuses.

Premier ordre : Atalène; friables :

Alais, *Orgueil*.

Deuxième ordre : Anatalènes; cohérentes :

Cold-Bokkeweld, *Kaba*.

IIe classe. Lithosidérites, météorites formées d'un mélange de matières pierreuses et de matières métalliques.

1re sous-classe. Pléiolithiques; contenant plus de moitié de leur poids de matière pierreuse.

Ordre unique : Stigmatiques; le fer formant des taches rondes :
Hainholz, *Sierra de Chaco*.

2e sous-classe. Méiolithiques; contenant moins de moitié de leur poids de matière pierreuse.

Ordre unique : Mignumiques; le fer et la pierre intimement mêlés :
Atacama, *Rittersgrünn*, *Krasnojarsk*, etc.

IIIe classe. Sidérites, météorites métalliques.

1re sous-classe. Psathariques; fragiles, non malléables.

Ordre unique : Chalyptiques; ayant le grain de l'acier :

Rutherford, *Roxburgshire*, *Ostego*, etc.

2e sous-classe. Apsathariques; malléables.

1er ordre : Agrammiques; ne donnant pas les figures de Widmanstætten :

Scriba, *Octibbeha*, *Tuczon*, etc.

2e ordre : Sporagrammiques; donnant les figures d'une manière décousue :
Dacotah, Rasgata, etc.

3e ordre : Microgrammiques; donnant de très petites lignes :
Santa-Rosa, Braunau, Tucuman, etc.

4e ordre : Eugrammiques; donnant de belles figures :
Toluca, Caille, Agram, etc.

5e ordre : Mégagrammiques; donnant de grandes figures :
Arva, Sarepta, Zacatecas, etc.

6e ordre : Tæniastiques; donnant des bandes larges :
Cap de Bonne-Espérance.

7e ordre : Néphéliques; donnant des figures nuageuses :
Black Mountains, Seelasgen, Nelson, etc.

CLASSIFICATION DE M. TSCHERMAK[1].

Revue par M. Purgold (1882).

I. Pierres météoriques.

1. *Formées d'anorthite et d'augite :* Eukrite.
Stannern.

2. *Formées d'olivine, de bronzite, d'enstatite :* Chladnite.
Bishopville.

3. *Formées d'olivine et de bronzite avec fer.* Chondrite.

Tuf chondritique blanc avec petits globules noirs :
Hessle, Mocs, etc.

Masse blanche sans globules ou avec des globules blancs :
Linn Co, Wold Cottage, Paulograd.

Intermédiaire entre le précédent et le suivant.
Laigle, Dhurmsalla.

Chondrite grise avec globules divers.
Pultusk, Knyahinya, Parnallee, etc.

Chondrite avec des parties empâtées plus volumineuses :
Cangas de Onis, Soko-Banja.

Chondrite noire, masse renfermant de la matière charbonneuse :
Chantonnay.

Chondrite consistant en une masse cristalline finement grenue :
Cléguérec.

1. Voyez aussi : Tschermak, *Die mikroskopische Beschaffenheit der Meteoriten erläutert durch photographische Abbildungen* (1re livraison). Stuttgart, 1883.

II. Fers météoriques.

4. *Silicate et fer en mélange grenu :* Mésosidérites :
   Deesa.

5. *Fer renfermant des cristaux silicatés disséminés :* Pallasites.
   Rittersgrunn, Atacama, Hainholz.

6. Fers météoriques proprement dits :
   a) Avec clivages parallèles à l'octaèdre;

Minces lamelles ; petites figures de Widmanstætten :
Putnam, Sainte-Catherine, Tazewell.

Lamelles et figures normales :
Elbogen, Burlington, Carthage.

Lamelles du même genre que précédemment ; figures quelque peu courbes :
Arva, Augusta, Deesa.

Lamelles larges ; grandes figures :
Seelasgen, Bohumilitz.

b) Résultant de la réunion en couches de gros grains fragmentaires :
Zacatecas, Estherville.

c) Ne résultant pas de cette réunion.

d) Composés d'un seul individu :
Rittersgrünn.

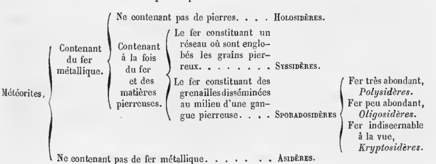
e) D'apparence compacte ;

f) Grenus ou compacts ; figures petites :
Salt River.

CLASSIFICATION DE M. DAUBRÉE.

M. Daubrée a adopté comme base de classification des météorites, le fer métallique qui, d'une part, manque d'ordinaire dans les roches terrestres, et qui, d'autre part, appartient à presque toutes les météorites.

Voici le résumé du tableau qu'il a publié :



CLASSIFICATION DE M. STANISLAS MEUNIER

Au point où en est arrivée l'étude des météorites, on éprouve de grandes difficultés à se reconnaître dans la description des masses extra-terrestres, et surtout dans les comparaisons qu'on établit entre elles. On ne sait jamais avec certitude si deux météorites dont on lit la description sont identiques entre elles ou différentes l'une de l'autre.

Cela vient de ce qu'on ne s'est pas encore suffisamment préoccupé de définir les types de roches cosmiques. On est exactement au point où l'on en serait pour les roches terrestres, si leurs types n'avaient point reçu de noms distincts de ceux des localités où on les trouve.

Occupé depuis longtemps déjà de comparer entre elles les météorites de diverses chutes, dans le but de déterminer leurs relations possibles de gisement originel, j'ai essayé, il y a plus de douze ans (1), de distinguer nettement les uns des autres les divers types que renferme la collection du Muséum et l'on va lire le résultat de mon travail.

La caractéristique de ces types est faite d'après les règles que j'ai exposées ailleurs au sujet des roches terrestres (*Lithologie terrestre et comparée*, 1871) et dont il n'y a lieu de rapprocher ici qu'un seul point.

Dans ce système, un *type* de roche est caractérisé à la fois par la composition minéralogique et par la structure. C'est, comme on voit, quelque chose d'analogue, toute proportion gardée, à l'espèce minéralogique, selon la définition de Haüy.

Les roches de même composition, mais de structure différente, forment des types différents appartenant à un même *groupe*.

On n'essaiera pas ici de définir les groupes de roches météoritiques : de nouvelles études sont nécessaires pour cela.

De plus, il faut remarquer que les types qui vont être passés en revue sont tous représentés dans la collection du Muséum d'histoire naturelle de Paris. S'il en existe d'autres, comme la chose est extrêmement probable, j'ai dû les passer sous silence, jusqu'à ce qu'il m'ait été donné de les étudier directement et de les comparer aux autres.

Enfin il a fallu négliger, au Muséum même, certaines météorites, d'ailleurs en très petit nombre, qui sont représentées par des échantillons trop petits ou trop altérés pour se prêter à un examen complet.

Destinées à servir, avant tout, de points de repère pour les descriptions ultérieures, les caractéristiques qu'on va lire auraient nécessairement été vagues, si je n'avais imposé à chaque type un nom univoque, ayant une forme analogue à celle des dénominations lithologiques.

La racine de ce nom a toujours été fournie par le nom de la localité la plus célèbre ou la mieux étudiée de chaque type. Toutefois, il a paru naturel de conserver les noms de *Pallasite* d'*Eukrite*, de *Howardite* et de *Chladnite*, proposés par Gustave Rose, et accrédités dans la science.

1. Voy. le *Cosmos* des 15 et 27 décembre 1869, 5, 12 et 19 janvier 1870.

Toutefois les descriptions ont été faites sur un plan uniforme ; on trouvera pour chaque type :

1° Une énumération rapide des caractères extérieurs dans le style concis qui convient aux *genera ;*

2° La densité ;

3° La composition minéralogique, autant que permettent de la donner les notions acquises jusqu'ici ; j'y ai joint à titre de renseignement les résultats d'*analyses chimiques*, bien que celles-ci ne puissent faire ressortir en aucune façon la caractéristique de chaque type.

4° Enfin l'indication chronologique des principales chutes représentées au Muséum.

Voir pages 104 et 105 le Tableau synoptique des types que nous décrirons :

DESCRIPTION DES TYPES DE ROCHES MÉTÉORITIQUES

1re DIVISION. — HOLOSIDÈRES (DAUB.) OU FERS MÉTÉORIQUES.

PREMIER TYPE.

OCTIBBEHITE. (STAN. MEUN.)

Roche métallique, subcristalline, prenant bien le poli, malléable. — *Densité :* 6,854 (Taylor). — *Composition minéralogique :* Formée surtout d'un alliage de fer et de nickel, remarquable, d'après M. Taylor, par la proportion tout à fait exceptionnelle de ce dernier métal. La composition de cet alliage, que nous désignerons sous le nom d'octibbehine, se représente par la formule $FeNi^2$. La roche renferme des grains de schreibersite difficiles à voir. Les acides n'y font pas apparaître la figure de Widmanstætten, ou du moins ne donnent qu'un dessin très confus (fig. 21).



Fig. 21. — Octibbehite découverte en 1862 à Howard County (États-Unis). Surface polie traitée par un acide. Grandeur naturelle.

Chutes principales :

1854[1]. Octibbeha C°, Mississipi, Etats-Unis.

1862. Howard C°, Indiana, Etats-Unis.

1. Les dates ainsi données indiquent l'époque de la *découverte* des météorites dont la chute n'a pas eu de témoins. Pour les chutes observées nous donnons non seulement l'année, mais encore le jour.

Octibbeha. — Le fer d'Octibbeha C°, Mississipi, a été découvert en 1845. Sa composition est tout à fait remarquable par la forte proportion de nickel qu'elle comporte. Elle a été déterminée par M. Taylor dans l'analyse suivante[1] :

Fer	37,69
Nickel	59,69
Cuivre	0,90
Aluminium	0,20
Cobalt	0,40
Silicium	0,12
Phosphore	0,10
Calcium	0,09
	99,19

2e TYPE.

CATARINITE. (STAN. MEUN.)

Roche métallique, de structure confuse, prenant bien le poli. — *Densité :* 7,52 à 7,775 (Lunay). — *Composition minéralogique :* Le fer nickelé, très riche en nickel, Catarinite (Fe^2Ni) sensiblement homogène, est associé à de grandes quantités de pyrrhotine, renfermant de la millérite.

Chute unique :
1876. Sainte-Catherine, Brésil.

Sainte-Catherine. — Le fer météorique de Sainte-Catherine a été l'objet de travaux fort importants. Cependant, l'examen des échantillons qui figurent maintenant dans la collection du Muséum, conduit à diverses remarques paraissant nouvelles et qui ne sont pas sans intérêt au point de vue de la Géologie comparée.

La composition est loin d'être fixe, comme le démontre un simple coup d'œil jeté sur divers échantillons. Ceux-ci appartiennent à deux sous-types très nettement différents.

Le premier sous-type (fig. 22), qui est le plus simple, consiste en une association de fer métallique avec une substance bronzée, aisée à reconnaître pour la pyrrhotine.

Le fer, remarquable par son peu d'oxydabilité, est riche en nickel, comme l'ont montré les analyses de M. Damour et de M. Lunay, en voici la composition :

Fer	63,69
Nickel	33,97
Cobalt	1,48
Soufre	0,16
Phosphore	0,05
Carbone	0,20
Silicium	0,01
	99,56

1. *Silliman's American Journal,* 2e série, t. XXIV, p. 293.

Mais il ne faut pas perdre de vue que ces nombres seraient sans doute fort différents si, au lieu du fragment mis en expérience, un fragment voisin eût été analysé. On verra dans un moment combien les diverses régions d'un même bloc peuvent varier à peu de distance.

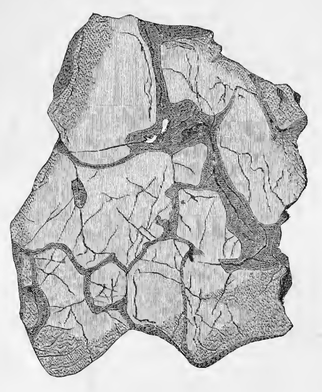


Fig. 22. — Catarinite découverte en 1876 à Sainte-Catherine (Brésil). (1er sous-type.) Section polie; moitié de grandeur naturelle.

Le fer de Sainte-Catherine rentre dans la catégorie des fers naturellement passifs et ne réduit pas le nitrate d'argent que l'on dépose à sa surface. Il est remarquable par son peu de solubilité dans les acides. Pourtant, en employant de l'eau régale on arrive à y faire apparaître des linéaments de figures. Celles-ci sont du reste loin d'avoir la disposition géométrique qu'elles offrent pour tant d'autres fers; elles sont comme brouillées, et, chose curieuse, elles rappellent à s'y méprendre les figures que donnent les fers météoriques après qu'ils ont été fortement chauffés : on verra dans un autre chapitre la portée de cette remarque.

La matière qui cimente les éléments métalliques de la brèche du premier type est avant tout constituée par un sulfure de fer d'un brun de tombac, qu'on désigne en général sous le nom de *troïlite*, associée dans certains points, d'ailleurs fort peu nombreux, à une petite quantité d'une substance jaune de laiton sur laquelle nous aurons à revenir dans un moment.

Les minéralogistes admettaient pour la plupart que cette substance est essen-

TABLEAU SYNOPTIQUE DES TYPES DE ROCHES MÉTÉORITIQUES.

MÉTÉORITES..

- Contenant du fer métallique.
  - Ne contenant pas de pierres. HOLOSIDÈRES...
    - Renfermant un seul alliage essentiel qui peut être..
      - L'octibbehine ($FeNi^2$).... 1. *Octibbehite.*
      - La catarinine (Fe^2Ni).... 2. *Catarinite.*
      - La tænite (Fe^6Ni)....... 3. *Tazewellite.*
      - La kamacite ($Fe^{14}Ni$)..... 4. *Nelsonite.*
      - La braunine ($Fe^{16}Ni$).... 5. *Braunite.*
    - Renfermant deux alliages essentiels qui sont........
      - La tænite (Fe^6Ni) et la kamacite ($Fe^{14}Ni$)..... 6. *Caillite.*
      - La kamacite ($Fe^{14}Ni$) et la plessite ($Fe^{10}Ni$)...... 7. *Schwetzite.*
      - La tænite (Fe^6Ni) et la plessite ($Fe^{10}Ni$)...... 8. *Jewellite.*
      - La tænite (Fe^6Ni) et la campbelline (FeC)..... 9. *Campbellite.*
      - La tænite (Fe^6Ni) et la braunine ($Fe^{16}Ni$).... 10. *Burlingtonite.*
      - La tænite (Fe^6Ni) et le fer doux (Fe)........ 11. *Tuczonite.*
    - Renfermant trois alliages essentiels qui sont..........
      - La tænite (Fe^6Ni), la kamacite ($Fe^{14}Ni$) et la plessite ($Fe^{10}Ni$)...... 12. *Lenartite.*
  - Contenant à la fois du fer et des matières pierreuses.
    - Le fer constituant un réseau où sont englobés les grains pierreux.. .... SYSSIDÈRES....
      - Pierre *disséminée.* SPORADOLITHES...
        - Pierre *cristalline* consistant en....
          - Péridot.. .... 13. *Pallasite.*
          - Péridot et pyroxène...... 14. *Brahinite.*
          - Péridot et bronzite...... 15. *Lodranite.*
        - Pierre *fragmentaire* consistant en.
          - Dunite................ 16. *Atacamaïte.*
          - Tadjérite............. 17. *Décsite.*
      - Pierre *continue.* SYNOLITHES, réseau métallique.....
        - Très volumineux comparable à celui de la Pallasite................ 18. *Rittersgrunite.*
        - Fin, souvent tout à fait capillaire............ 19. *Logronite.*
      - Fer très abondant. POLYSIDÈRES................ 20. *Toulite.*
    - Le fer constituant des grenailles disséminées au milieu d'une gangue pierreuse....... SPORADOSIDÈRES
      - Fer peu abondant OLIGOSIDÈRES.
        - Roches monogéniques.
          - Partie pierreuse formée de *deux minéraux* qui sont :
            - Le pyroxène et le péridot :
              - Cristallisé à grains très fins....,.. 21. *Exlébenite.*
              - Friable......... 22. *Ménite.*
              - Oolithique ..... 23. *Butsurite.*
            - L'augite et l'enstatite structure
              - Drusique....... 24. *Sigenite*
              - Oolithique...... 25. *Belajite.*
              - Pseudo-bréchoïde. 26. *Bustite.*
            - Le péridot et un silicate magnésien spécial ; structure
              - Vitreuse globulifère......... 27. *Rennazzite.*
            - non déterminés ; structure
              - Lamellaire...... 28. *Manbhoomite.*
              - Porphyroïde..... 29. *Rullamite.*
          - Partie pierreuse formée de *trois minéraux* qui sont :
            - Le péridot, le pyroxène et un feldspath ; structure
              - Très serrée..... 30. *Aumalite.*
              - Trachytique..... 31. *Lucéite.*
              - Oolithique cohérente. 32. *Limerickite.*
              - Oolithique friable... 33. *Montréjite.*
              - Vacuolaire...... 34. *Richmondite.*
              - Granulitique .... 35. *Tieschite.*
              - Compacte à cassure cireuse... 36. *Quincite.*
          - Partie pierreuse formée de *quatre minéraux* qui sont :
            - Le péridot magnésien, la fayalite, le pyroxène et un feldspath ; structure
              - Presque compacte. 37. *Tadjérite.*
              - Pseudo-fragmentaire......... 38. *Chantonnite.*
              - Oolithique...... 39. *Stawropolite.*
        - Roches polygéniques.
          - Structure bréchiforme, types lithologiques mélangés au nombre de deux qui sont :
            - La lucéite et la limerickite..... 40. *Mesminite.*
            - La montréjite et la limerickite. 41. *Canellite.*
            - L'erxlebenite et la montréjite... 42. *Banjite.*
          - Structure grésiforme, types lithologiques mélangés au nombre de :
            - Deux principaux : l'aumalite et la chantonite...... .... 43. *Aiglite.*
            - Au moins sept, parmi lesquels la lucéite, la tadjérite et la ehladnite sont connues à l'état de météorites monogéniques.. 44. *Parnallite.*
      - Fer en parties indiscernables à la vue : KRYPTOSIDÈRES.
        - Partie pierreuse formée d'un seul minéral qui est
          - L'enstatite.................. 45. *Chladn*
        - Partie pierreuse formée de deux minéraux qui sont.
          - Le péridot et le pyroxène...... 46. *Ornansite.*
        - Partie pierreuse formée de trois minéraux qui sont.
          - Le péridot, l'augite et l'anorthite. 47. *Howardite.*
- Ne contenant pas du fer métallique.... ASIDÈRES. ....
  - Formées d'un seul minéral qui est
    - Le péridot.... .... 48. *Chassignite.*
  - Formées de deux minéraux qui sont
    - L'orthose et le quartz........ 49. *Igastite.*
    - L'anorthite et l'augite.,........ 50. *Eukrite.*
    - Le péridot et la bronzite........ 51. *Shalkite.*
    - Le péridot et une substance hydro-carbonée ; structure. .
      - terreuse . 52. *Orgueillite.*
      - compacte. 53. *Bokkewelite.*

tiellement composée de protosulfure de fer, mais, comme on l'a vu plus haut, voilà plus de dix ans que nous avons reconnu qu'il faut la rapprocher de la pyrite magnétique terrestre. Cette opinion appuyée, par des analyses exécutées sur le minéral préalablement purifié et par des expériences variées, a été contestée. Mais on peut la regarder maintenant comme définitivement acquise, et M. Daubrée en a reconnu l'exactitude à propos du fer de Sainte-Catherine. « Cette substance, dit-il, se dissout dans les acides avec dégagement d'hydrogène sulfuré et dépôt de soufre; c'est donc, non un protosulfure, mais bien un sesquisulfure de fer ou pyrrhotine [1]. »

En examinant de très près la pyrrhotine des fers de Sainte-Catherine, premier type, on y reconnaît plusieurs minéraux étrangers. D'abord, dans certains points d'ailleurs très peu nombreux, une fine lamelle de graphite interposée en elle et le fer ; quelquefois même un peu de phosphure de fer et de nickel, dit schreibersite, en contact avec le graphite, enfin des mouchetures d'un jaune de laiton, sur la composition desquelles nous aurons à revenir à propos du second type.

Les rapports de situation du fer et du sulfure sont très intéressants. Contrairement à ce que paraissent montrer, entre beaucoup d'autres, les masses de Caille et de Charcas, le fer est ici *enveloppé* de pyrrhotine et l'échantillon apparaît comme une brèche dont ce sulfure est le ciment. En quelques points, le sulfure constitue, sur la section polie, des noyaux au milieu du fer, mais on doit supposer qu'ils se relient dans la profondeur aux masses circonvoisines

On ne peut qu'être frappé de l'état arrondi des fragments de fer, car cette forme contraste complètement avec celle que le fer prend ordinairement par la rupture et elle offre à l'esprit l'idée d'une corrosion que le métal aurait subie à sa surface: peut-être par le fait même des agents auxquels est due la formation de la pyrrhotine, ainsi que nous le verrons ailleurs.

Il est vrai que les blocs de fer tiennent, dans les échantillons, plus de place que le sulfure qui les empâte, mais l'altérabilité de celui-ci permet de croire que la plus grande partie en a disparu et a contribué à produire, en s'oxydant, cette épaisse croûte ocracée dont les échantillons étaient enveloppés. La même instabilité à laquelle est due, comme on sait, la production de ces cavités cylindroïdes si régulières qu'on les a crues un moment artificielles sur le fer de Caille, rend compte aussi de l'état de grenailles sous lequel s'est offerte la météorite brésilienne. C'est tout à fait par exception que certaines parties ont conservé leur nature complexe jusqu'à l'époque de leur découverte.

On doit signaler la disposition des fissures que présentent les fers de Sainte-Catherine. Ce n'est pas dans ce premier type qu'elles sont le plus abondantes; cependant elles y sont très multipliées et leur examen confirme pleinement l'opinion d'après laquelle elles sont postérieures à la constitution complète de la masse, car elles recoupent indistinctement et sans déviation le fer nickelé et le sulfure.

Le second sous-type des fers de Sainte-Catherine (fig. 23) est incomparablement plus compliqué et son examen est bien plus instructif. C'est aussi une brèche de fer, mais les éléments en sont beaucoup plus petits et beaucoup plus craquelés. Le métal, quoique peu attaquable encore, est cependant lentement soluble dans l'acide azotique. Tandis que cet acide rend le premier fer passif, il dégage de l'autre,

1. *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 1256, 31 déc. 1877.

au bout de quelques minutes, de fines bulles de gaz parfaitement perceptibles à la loupe. On a eu soin de faire l'expérience aussi loin que possible des veinules de sulfure et il n'a pas paru que le gaz dégagé noircit le papier d'acétate de plomb.

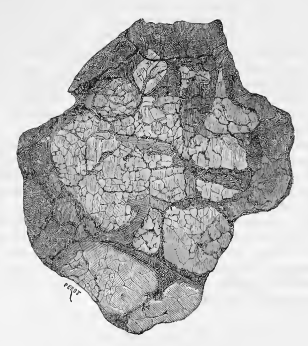


Fig. 23. — Catarinite découverte en 1876 à Sainte-Catherine (Brésil). (2e sous-type.) Section polie. Demi-grandeur.

La matière qui relie les fragments métalliques de cette seconde brèche est beaucoup plus compliquée que dans le premier cas. On n'y voit plus que des traces plus ou moins douteuses du sulfure bronzé, mais, au contraire, la substance jaune de laiton, signalée plus haut comme accidentelle dans le premier sous-type, est ici extrêmement abondante. Je me suis naturellement préoccupé d'en déterminer la nature et, quoique les essais n'aient pu être faits que sur des traces de cette substance, il paraît légitime de dire qu'elle n'est pas autre chose que de la pyrrhotine teinte par une faible proportion de millérite ou sulfure de nickel. Celui-ci, beaucoup plus soluble que la pyrrhotine, est enlevé par une goutte d'acide et le sulfure reprend sa teinte de bronze; le liquide est très chargé de nickel. La millérite n'avait point encore été signalée, que je sache, chez les météorites, et l'on ne peut citer comme substance analogue que le sulfure double de fer et de nickel, signalé par Wœhler et Harris dans les météorites charbonneuses de Cold Bokkeweldt.

Dans le ciment de la brèche qui nous occupe, le mélange des sulfures n'est pas seul ; il est accompagné d'une quantité très considérable d'une substance noire, très riche en graphite, et dont les rapports de situation avec les sulfures sont très intéressants. Certains interstices, laissés entre les blocs de fer, sont exclusivement

remplis par les sulfures, certains autres par le graphite, et il y en beaucoup où les deux matières se partagent la place, de façon à offrir, suivant les points, les proportions relatives les plus variées. Ainsi, dans plusieurs endroits, on observe une vraie brèche de sulfure cimentée par la matière noire; ailleurs on voit le sulfure occuper l'axe de l'interstice et être bordé de graphite avec schreibersite, etc.

Les craquelures sont très abondantes dans le second sous-type. Il semble qu'on puisse en distinguer de deux espèces et sans doute de deux âges. Les plus frappantes sont de très grosses crevasses qui traversent les échantillons et sont postérieures à l'acquisition par la roche cosmique de son état. Quelques-unes sont vides, mais peut-être par accident survenu pendant l'opération du sciage; les autres sont remplies de la substance noire. Elles sont remarquables par leurs anastomoses variées et par les sinuosités très complexes qu'elles présentent quelquefois.

Les fissures de la seconde sorte sont localisées dans une région moins craquelée que les autres; elles sont beaucoup plus fines et peut-être seraient-elles difficilement visibles si sur leurs deux parois le fer ne présentait une modification dans sa nuance, qui fait une sorte d'encadrement interne à chacun des fragments métalliques. Jamais nous n'avons remarqué ce phénomène dans aucun fer; il est accompagné ici de la présence de petits grains presque microscopiques qui parsèment le métal et lui donnent un aspect pointillé, qu'on a signalé, par exemple, dans le fer météorique de Tuczon (Mexique). Ces particularités sont exclusivement propres à certains fragments de la brèche, ce qui nous confirme dans l'idée que le fer nickelé est bien loin d'être partout identique à lui-même, et ce qui retire tout intérêt à l'analyse *quantitative* d'une substance aussi variable.

3e TYPE.

TAZEWELLITE. (Stan. Meun.)

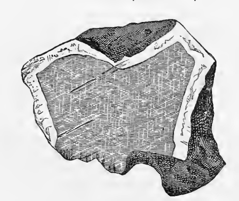


Fig. 24. — Tazewellite découverte à Tazewell (Tennessee) en 1853. Surface polie traitée par un acide. Grandeur naturelle.

Roche métallique, subcristalline, prenant bien le poli, mais paraissant pointillée à cause de très petits grains pierreux disséminés. — *Densité:* 7,88 à 7,91 (Smith).

— *Composition minéralogique :* Formée surtout de l'alliage de fer et de nickel, désigné sous le nom de tænite et répondant à la formule de Fe^6Ni. On distingue dans la masse de la schreibersite, de la troïlite, et plus difficilement de très petits grains de péridot. Les acides donnent la figure de Widmanstætten (fig. 24).

Chute principale :
1853. Tazewell, Claiborne C°, Tennessee, États-Unis.

Tazewell. — Dans le fer trouvé à Tazewell (Claiborne C°, Tennessee) en 1854, la proportion de matière silicatée est notable, ainsi que le prouve l'analyse suivante, due à M. Lawrence Smith (1) :

Fer	83,02
Nickel	14,62
Cobalt	0,50
Cuivre	0,06
Phosphore . . .	0,19
Chlore	0,02
Soufre	0,08
Silice	0,84
Magnésie	0,24
	99,57

4e TYPE.

NELSONITE. (Stan. Meun.)

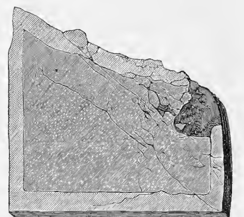


Fig. 25. — Nelsonite trouvée à Nelson (Kentucky) en 1856.
Surface polie traitée par un acide. Grandeur naturelle.

Roche métallique, très cristalline, prenant très bien le poli. — *Densité :* 7,14

1. *Silliman's American Journal of science*, 2e série, t. XIX, p. 153.

à 7,71. — *Composition minéralogique:* Formée surtout par un alliage de fer et de nickel, désigné sous le nom de kamacite et répondant à la formule $Fe^{14}Ni$. On distingue dans la masse des rognons cylindriques de troïlite, des amas plus ou moins irréguliers de schreibersite. Les acides donnent des figures de Widmanstætten, très remarquables (fig. 25).

Chutes principales :

1818. Lockport, Cambria, New-York, États-Unis.
1823. Rasgata, Santa Rosa, Tocavita, Nouvelle-Grenade, Amérique méridionale.
1847. Seelasgen, Prusse.
1854. Union County, Géorgie, États-Unis.
1856. Nelson C°, Kentucky, États-Unis.
1866. Franklyn C°, Kentucky, États-Unis.

Lockport. — Remarquable par la netteté et la beauté des figures qu'il donne par les acides, le fer de Lockport a donné à Silliman et Hunt[1] les résultats suivants :

Fer	92,583
Nickel	5,708
Cuivre, arsenic	traces
Résidu insoluble	1,400
	99,691

Rasgata. — On doit à Wœhler l'analyse suivante du fer de Rasgata[2] :

Fer	92,55
Nickel	6,71
Cobalt	0,25
Schreibersite	0,57
Phosphore	0,55
Péridot et autres minéraux	0,08
Cuivre, Étain, Soufre	traces
	100,21

La présence du péridot dans de pareilles conditions est digne d'être signalée; nous reviendrons sur des faits de ce genre. Les minéraux qui lui sont associés présentent des nuances rouges et bleues rappelant celles du rubis et du saphir.

Seelasgen. — D'après Rammelsberg[3], le fer contient :

Fer	92,937
Nickel	6,228
Cobalt	0,667
Cuivre avec traces d'étain	0,049
Silicium	0,026
Carbone	0,520
Résidu	0,183
	100,610

1. *Silliman's Journal*, 2e série, t. II, p. 376.
2. *Wien. Akad. Ber.*, t. VIII, p. 496 (1852).
3. *Poggendorf's Annalen*, t. LXXIV, p. 443.

Le résidu contient du graphite et de la schreibersite.

Les rognons de sulfure dont le fer est traversé ont donné au même auteur :

Soufre	28,155
Fer	65,812
Nickel et cobalt	1,471
Cuivre	0,566
Protoxyde de fer	0,874
Fer chromé	1,358
	98,230

Union County. — Jusqu'ici ce fer n'a pu être l'objet d'une analyse complète. M. Shepard, qui l'a étudié[1], lui assigne une densité de 7,07. Il y a décelé 5,32 pour 100 de nickel et des traces de phosphore, de cobalt, de magnésium, de calcium et de chrome. C'est dans ce fer que M. Shepard a indiqué des grains pierreux qu'il rapporte au grenat. On y voit aussi des masses cylindriques ou aciculaires de pyrrhotine.

Nelson County. — L'analyse exécutée par M. Lawrence Smith[2] a donné :

Fer	93,10	90,12	91,12
Nickel	6,11	8,72	7,82
Cobalt	0,41	0,32	0,43
Phosphore	0,05	0,10	0,08
Cuivre	traces	traces	traces
	99,67	99,26	99,45

Franklin County. — C'est à M. Lawrence Smith[3] que nous devons de savoir que ce fer contient :

Fer	90,58
Nickel	8,53
Cobalt	0,36
Cuivre	faible quantité
Phosphore	0,05
	99,52

Sa densité est égale à 7.69.

5e TYPE.

BRAUNITE. (Stan. Meun.)

Roche métallique, d'un blanc mat, finement cristalline, prenant médiocrement le poli, remplie de grains brillants qui tranchent sur le fond. — *Densité :* 7,7142

1. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XVII, p. 325.
2. *Mineralogy and Chemistry*, p. 317 (1873).
3. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XLIX (mai 1870).

(Beinert). — *Composition minéralogique :* Formée surtout de l'alliage $Fe^{16}Ni$ auquel nous donnons le nom de braunine.

Chutes principales :
1784, Tueuman, Otumpa, Rio de la Plata.
1793, Cap de Bonne-Espéranee, Afrique australe.
1834, Daeotah, Territoire indien, États-Unis.
1844, Arva, Autriehe-Hongrie.
1847, 14 juillet, Braunau, Hauptmannsdorf, Bohême.
1849, Chesterville, Caroline du Sud, États-Unis.
1850, Santa-Rosa, Saltillo, Cohahuila, Mexiquc.
1854, Sarepta, Steppes des Kirghis, Russie.
1866, Chili, loealité ineonnue.
1866, Missouri, États-Unis.
1879, Lick Creek, États-Unis.

Tucuman. — D'après Rumler, la densité est égale à 7,595. Widmanstætten a donné 7,64 et Schreibers de 7,60 à 7,65.

D'après Howard, le fer renferme 10 pour 100 de nickel [1].

Cap de Bonne-Espérance. — Analyse de Holger [2] :

Fer	78,90
Nickel	15,28
Cobalt	1,00
Manganèse	1,76
Calcium	1,41
Magnésie	0,15
Alumine	0,16
Perte	1,54
Densité de 6,655 à 7,944 d'après Rumler.	99,00

Arva. — Analyse de Bergemann [3] :

Fer		74,18
Niekel		4,14
Cobalt		0,21
Soufre		15,36
Phosphore		0,19
Schreibersite	Fer	3,01
	Nickel	0,59
	Phosphore	0,26
Carbone eombiné		0,90
Graphite		1,17
Densité, 7,814 d'après Patera.		99,01

1. *Silliman's American Journal*, t. XIII, p. 319.
2. Baumgart, *Zeitschr.*, t. VIII, p. 283.
3. *Poggendorff's Annalen*, t. C, p. 245.

Dacotah. — Jackson a donné deux analyses de ce fer [1] :

	1	2
Fer	91,735	91,735
Nickel	6,532	7,080
Étain	0,063	0,063
Phosphore	0,010	0,010
Cobalt	traces	traces
Chrome	traces	traces
	98,340	98,888

Braunau. — Le fer tombé dans cette localité le 14 juillet 1847, devant de nombreux témoins, constitue un métal d'un beau blanc enveloppé d'une croûte noire. Une section plane montre dans sa masse des aiguilles métalliques blanches disséminées en très grand nombre et qu'on désigne souvent sous le nom de

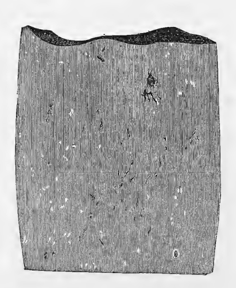


Fig. 26. — Braunite tombée le 14 juillet 1847 à Braunau, en Bohême. Surface polie traitée par un acide. Grandeur naturelle.

rhabdites [2] (fig. 26). Sa densité, prise par Beinert, est égale à 7,7142. Il a été analysé par MM. Duflos et Fischer, qui y ont trouvé [3] :

1. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXXVI, p. 259.
2. Du grec *rabdion*, petite baguette.
3. *Annalen der Physik und Chemie*, t. LXXII, p. 475 et 575.

Fer	91,882
Nickel	5,517
Cobalt	0,529
Cuivre, Manganèse, Arsenic, Calcium, Magnésium, Silicium, Carbone, Chlore, Soufre	2,072
	100,000

Le fer de Braunau possède un clivage cubique presque aussi facile que celui de la galène.

Chesterville. — Analyse de Shepard[1] :

Fer	95
Nickel	5
Cobalt et cuivre	traces
	100

Densité, 7,818 d'après Clark.

Santa-Rosa. — Analyse de Smith[2] :

Fer	95,82
Nickel	3,18
Cobalt	0,35
Phosphore	0,24
Cuivre	traces
	99,59

Densité, 7,81.

Sarepta. — M. Auerbach a analysé le fer de Sarepta[3]; il y a trouvé :

Fer	95,957
Nickel	2,657
Étain	0,017
Silicium	0,020
Schreibersite	1,315
	99,950

1. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. VII, p. 449.
2. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XIX, p. 153.
3. *Wien. Academie Bericht.*, vol. LXIX, (1864).

Chili (localité inconnue). — Ce fer n'a été jusqu'ici l'objet d'aucune analyse chimique complète. Le Muséum n'en possède d'ailleurs qu'un échantillon peu considérable. Sa densité, d'après mes propres mesures, est égale à 7,66. M. Domeyko y annonce 14,1 pour 100 de nickel sans cobalt et 4 pour 100 de résidu complètement insoluble dans l'eau régale et qu'il rapporte à la schreibersite[1].

Missouri. — Analyse de Shepard[1] :

Fer	92,096
Nickel	2,604
Schreibersite	5,000
Chrome, cobalt, magnésium, phosphore	traces
	99,700

Densité de 7,015 à 7,112 d'après Shepard.

6e TYPE.

CAILLITE. (STAN. MEUN.)

Roche métallique, très cristalline, prenant très bien le poli. — *Densité :* 7,5. — *Composition minéralogique :* Formée surtout par le mélange de la tænite avec la kamacite. On distingue dans la masse des rognons souvent très volumineux de troïlite et des grains irréguliers de schreibersite. Les acides donnent les figures avec la plus grande netteté (fig. 27).

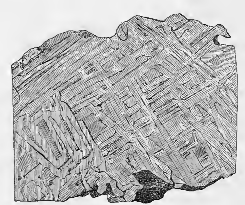


Fig. 27. — Caillite découverte en 1843 à Oaxaca, Mexique. Surface polie traitée par un acide. Grandeur naturelle.

Chutes principales :

1751, 26 mai, Agram, Hraschina, Croatie, Autriche.

1. *Comptes rendus*, t. LXVI, mars 1868.
2. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XLVII, p. 230, 1869.

1784, Toluca Xiquipilco, Mexique.
1792, Zacatecas, Mexique.
1804, Charcas, San Luis de Potosi, Mexique.
1805, Durango, Mexique.
1811, Elbogen, Bohême.
1814, Red River, Texas, États-Unis.
1828, Caille, Alpes-Maritimes, France.
1829, Bohumilitz, Prachim, Bohême.
1832, Walker County, Alabama, États-Unis.
1839, Ashville, Buncombe County, Caroline du Nord, États-Unis.
1840, Cosby's-Creek, Coke County, Tennessee, États-Unis.
1840, Livingstone C[e], Smithland, États-Unis.
1843, Oaxaca, Mexique.
1844, Babb's Mill, Green County, Tennessee, États-Unis.
1845, Sevier County, Tennessee, États-Unis.
1845, De Kalb County, Tennessee, États-Unis.
1846, Carthage, Smith County, Tennessee, États-Unis.
1847, Murfreesboro, Rutherford C[o], Tennessee, États-Unis.
1850, Ruff's Mountains, Caroline du Sud, États-Unis.
1850, Senecafalls, New-York, États-Unis.
1854, Madoc, Haut-Canada.
1856, Orange-River, Afrique australe.
1856, Denton, Texas, États-Unis.
1856, Marshall County, Kentucky, États-Unis.
1858, Nebraska, États-Unis.
1859, Wayne County, États-Unis.
1860, Robertson County, Tennessee, États-Unis.
1862, (Vue tomber), Victoria West, Cap de Bonne-Espéranee.
1863, Russel Gulch, Colorado, États-Unis.
1864, Obernkirchen, Brückburg, Allemagne.
1865, Bonanza, Mexique.
1866, Cohahuila, Butcher, Mexique.
1866, Juncal, Haute Cordillère d'Atacama, entre le rio Juncal et Pœdernal.
1866, Bear Creek, Colorado, États-Unis.
1867, San Francisco del Mezquital, Durango, Mexique.
1869, Trenton, près Milwaukee, Washington C[o], Wisconsin, États-Unis.
1869, Augusta, Virginie, États-Unis.
1871, Descubridora, Mexique.
1874, Cachiuyal, désert d'Atacama, Chili.
1877, Poplar Camp, Virginie, États-Unis.
1877, Casey County, Kentucky, États-Unis.
1877, Dalton, Whitfield County, Géorgie, États-Unis.

Agram. — Holger[1], qui a analysé le fer d'Agram, y a trouvé :

1. Holger. *Baumgartner Zeitschr.*, t. VII, p. 158.

Fer	83,29
Nickel	11,84
Cobalt	1,26
Manganèse	0,64
Silicium	0,68
Calcium	0,43
Magnésium	0,48
Alumine	1,58
	100,00

La densité de la masse est, d'après Rumler, de 7,824.

Toluca. — Uricoechea en a donné l'analyse suivante[1] :

Fer	90,40
Nickel	5,02
Cobalt	0,04
Schreibersite	2,99
Phosphore	0,16
Soufre	traces
Cuivre	traces
Manganèse	traces
Substances inattaquables	1,11
	99,72

La densité est de 7,728.

Zacatecas. — Muller[2] en a fait trois analyses, dont voici la plus complète :

Fer	90,91
Nickel	5,65
Cobalt	0,42
Phosphore	0,23
Soufre	0,07
Silice	0,50
Résidu inattaquable dans l'acide chlorhydrique	2,17
	97,95

Densité, d'après Rumler, 7,550.

Charcas. — Le fer de Charcas est tombé sans témoins; mais les caractères qu'il présente décèlent son origine; cette masse était située, au moment où, en 1866, nos soldats s'en emparèrent, à l'angle de l'église du petit village de Charcas au Mexique, et en grande partie enterrée dans le sol.

1. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. XCI, p. 243.
2. *Quarterly Journal of the Chemical Society*, t. XI, p. 236.

Elle pèse 780 kilogrammes et a environ 1 mètre de hauteur, 47 centimètres de largeur et 37 centimètres d'épaisseur. Elle présente, presque en totalité, sa surface naturelle, mais non une croûte analogue à celle du fer de Braunau. Cette croûte a sans doute été détruite par l'oxydation.

Sa forme générale est celle d'un tronc de pyramide triangulaire dont les arêtes sont émoussées; sur la surface se voient des dépressions sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir. On en distingue quelques-unes très grandes, représentant de véritables cuvettes, et sur les parois de celles-ci un très grand nombre de capsules beaucoup moins larges; on y voit aussi, sur un point, de petites dépressions serrées les unes contre les autres et rappelant, malgré la différence évidente d'origine, les empreintes que feraient des gouttes de pluie tombant sur une pâte molle.

Des cavités cylindroïdes dues à la disparition des rognons de troïlite s'observent sur le fer de Charcas comme sur celui de Caille dont nous allons parler.

Si l'on soumet une lame polie du fer de Charcas à l'expérience de Widmanstætten, on voit se dessiner des figures avec beaucoup de netteté.

La densité du fer de Charcas est, d'après mes mesures, égale à 7,71

Sa composition est, d'après une analyse approximative que nous avons faite au laboratoire de géologie du Muséum, représentée par les nombres suivants :

Fer	93,01
Nickel	4,32
Silicium	traces
Résidu insoluble	0,70
Soufre	non dosé
	98,03

Le résidu insoluble contient 25,584 pour 100 de schreibersite et une forte proportion de graphite.

Durango. — Analyse de John[1].

Fer	91,5
Nickel	6,5
Cobalt	2,0
Chrome	traces
	100,0

Densité, d'après Rumler, 7,885.

1. *Jahrbuch für Mineralogie*, année 1856, p. 281. Voyez aussi *même recueil*, année 1858, p. 769.

Elbogen. — Analyse d'Holger[1] :

Fer	94,69
Nickel	2,47
Cobalt	1,59
Manganèse	0,88
Chrome	0,12
Alumine	0,19
Perte	0,06
	100,00

Densité d'après Rumler, 7,734.

Red River. — Analyse de Silliman et Hunt[2] :

Fer	90,911
Nickel	8,462
Cobalt	0,500
Phosphore, carbone et antimoine	0,500
	100,373

Densité d'après Rumler, 7,829.

Caille. — Le fer de Caille a été découvert par Brard en 1828. Il servait de banc à la porte de l'église, où il avait été anciennement apporté de la montagne Audifert, située aux environs : on l'y avait trouvé il y a deux siècles, dit Brard, à la suite d'un violent orage[3], et il était connu dans le pays sous le nom de *Pierre de fer*.

Ce magnifique échantillon, qui ne pèse pas moins de 625 kilogrammes, offre une forme fragmentaire évidente. Ce qu'elle présente de plus remarquable est une face plane qui rappelle un clivage et qui mesure environ 50 centimètres dans chaque sens : cette face résulte de la juxtaposition d'un très grand nombre de triangles équilatéraux, tous alignés parallèlement entre eux de façon à dessiner un réseau régulier, et qui décèlent la structure octaédrique de la masse. L'orientation uniforme de tous ces triangles prouve que non seulement la partie qui offre cette disposition est cristallisée, mais qu'elle représente un fragment d'un cristal unique de dimensions gigantesques. Rappelons à ce sujet que le fer terrestre que l'on obtient en cristaux se présente presque toujours en cubes et non en octaèdres. Quant à l'origine de cette face d'arrachement, il n'est pas douteux qu'elle soit artificielle, et c'est ce que démontre surabondamment la trace des outils qu'on voit sur une partie de son pourtour.

Une surface polie de ce fer donne les figures de Widmanstætten avec une très grande netteté.

On a signalé depuis longtemps dans le fer de Caille les cavités qu'on a d'abord crues artificielles, tant leur forme générale est régulière. Elles sont cylindroïdes, et très allongées par rapport à leur diamètre ; on en distingue nettement une douzaine

1. Baumgart. *Zeitschrift*, t. V, p. 6.
2. *Silliman's Journal*, 2e série, t. II, p. 376.
3. *Minéralogie*, article Fer.

dont le diamètre varie de 15 à 30 et jusqu'à 45 millimètres. On n'a découvert leur véritable origine qu'après qu'on eut poli une petite surface dans le but de reconnaître la structure interne du bloc. On fit ainsi apparaître de nombreux rognons cylindroïdes sensiblement parallèles entre eux, consistant en pyrrhotine et dont la masse est en quelque sorte lardée. Cette substance, très altérable, en disparaissant sous l'action de l'air et de l'eau, a laissé vide la place qu'elle occupait.

La densité du fer de Caille est, d'après Rumler, égale à 7,642, sa composition a été l'objet d'analyses dues à M. le duc de Luynes [1] et à M. Rivot [2]. Voici les résultats obtenus par ce dernier chimiste :

Fer	93,3	92,7
Nickel	2,2	5,6
Silicium	0,9	0,9
Cobalt, Chrome	traces	traces
	100,4	99,2

On a vu plus haut que M. Boussingault a obtenu des résultats notablement différents.

Bohumilitz. — Analyse d'Holger [3] :

Fer	83,67
Nickel	7,83
Cobalt	0,60
Manganèse	0,58
Calcium	1,08
Magnésium	0,10
Alumine	0,42
Substances inattaquables	4,78
	99,06

Densité, 7,62 à 7,713, d'après Rumler.

Walker County. — Densité, 7,265, d'après Shepard.

Ashville. — Densité, 7,90, d'après Rumler. Suivant Shepard, ce fer contient 5 pour 100 de nickel.

1. *Annales des mines*, 4e série, t. V, p. 161.
2. *Annales des mines*, 5e série, t. VI, p. 554.
3. Baumgartner. *Zeitschrift*, t. IX, p. 327.

Cosby's Creek. — Analyse de Joy[1] :

Fer	91,650
Nickel	5,846
Cobalt	0,809
Phosphore	0,195
Cuivre et étain	0,219
Manganèse	0,092
Graphite	0,798
Quartz	0,079
Soufre	?
	99,688

Densité, 7,26, d'après Rumler.

Livingstone County. — D'après Troost[2] :

Fer	90
Nickel	10
	100

Oaxaca. — Analyse de Bergemann[3] :

Fer	86,875
Nickel	9,917
Cobalt	0,745
Phosphore	0,070
Soufre	0,553
Substances inattaquables	0,975
	99,135

Les substances inattaquables ont donné :

Carbone et fer	0,524
Schreibersite	0,451

La schreibersite :

Phosphore	0,053
Nickel	0,132
Fer	0,265

La densité est de 7,200, à 7,620, d'après Burkart.

1. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXXXVI, p. 39.
2. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. II, p. 357.
3. *Poggendorff's Annalen*, t. C, p. 245.

Babb's Mill. — Analyse de Clark [1] :

Fer	80,594
Nickel	17,104
Cobalt	2,037
Schreibersite	0,124
	99,859

La densité est de 7,548, d'après Shepard.

Sevier County. — Ce fer paraît être le même que celui de Cosby's Creek, décrit plus haut.

De Kalb County. — M. Brezina [2] signale la netteté des figures données par ce fer sous l'influence des acides.

Murfreesboro. — Analyse de Troost [3] :

Fer	96,0
Nickel	2,4
Résidus	1,6
	100,0

Ruff's Mountain. — Analyse de Shepard [4] :

Fer	96,00
Nickel	3,12
Chrome	traces
Soufre	traces
Cobalt	traces
Manganèse	traces
Chlore	traces
	99,12

Densité, 7,10, d'après Shepard.

Seneca Falls. — Analyse de Shepard [5] :

Fer	92,40
Nickel	7,60
Chrome	traces
Magnésium	traces
Etain	traces
Manganèse (?)	traces
Phosphore	traces
Soufre	traces
	100,00

Densité, 7,337, d'après Shepard.

1. *Ann. Chem. Pharm.*, 1852, t. VI.
2. *Akad. der Wissen. zu Wien.*, oct. 1880.
3. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. V, p. 351, et t. XV, p. 6.
4. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. X, p. 128, et t. XV, p. 5.
5. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. X, p. 363.

Orange River. — Analyse de Shepard[1] :

Fer avec traces de chrome	90,48
Nickel avec traces de cobalt.	8,94
Chladnite	0,56
Schreibersite avec traces de fer chromé.	0,02
	100,00

Shepard a donné pour la densité le chiffre 3,7, qui ne paraît pas acceptable.

Denton. — Analyse de Madelung[2] :

Fer.	92,099
Nickel	7,530
Cobalt	traces
Phosphore	0,001
Substances inattaquables.	traces
	99,630

La densité est de 7,42, d'après Madelung.

Marshall County. — Analyse de Smith[3] :

Fer	90,12
Nickel	8,72
Cobalt.	0,32
Phosphore	0,10
Cuivre	traces
	99,26

Nebraska. — Analyse de Madelung[4] :

Fer.	90,764
Nickel	7,607
Cobalt	0,889
Cuivre.	traces
Phosphore	traces
Substances inattaquables	0,053
	99,313

La densité est de 7,74, d'après Madelung.

1. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. XV, q. 215.
2. *Dissert. Göttting.*, 1862, p. 41.
3. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. XXX, p. 240.
4. *Dissertation*, p. 39.

Wayne County. — Analyse de Smith[1]:

Fer	93,61
Nickel avec manganèse	6,01
Cobalt	0,73
Cuivre	traces
Phosphore	0,13
	100,48

Densité, 7,901.

Robertson County. — Analyse de Smith[2] :

Fer	89,59
Nickel	9,12
Cobalt	0,35
Cuivre	traces
Phosphore	0,04
	99.10

La densité est de 7,85, d'après Smith.

Victoria West. — Analyse de Smith[3].

Fer	88,83
Nickel	10,14
Cobalt	0,53
Cuivre	traces
Phosphore	0,28
	99,78

Densité, 7,692.

Russel Gulch. — Analyse de Smith[4] :

Fer	90,61
Nickel	7,84
Cobalt	0,78
Cuivre	traces
Phosphore	0,02
	92,26

Densité, 7,72.

1. Notice citée dans le deuxième appendice des *Meteoriten in Sammlungen* du Dr Buckner.
2. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. XXXI, t. 266.
3. *Mineralogy and Chemistry*, p. 374.
4. *Mineralogy and Chemistry*, p. 343.

Cohahuila. — Analyse de Smith :

Fer	92,95
Nickel	6,62
Cobalt	0,48
Phosphore	0,02
Cuivre	très petite quantité
	100,07

Densité, 7,692 d'après le même. C'est dans ce fer que M. Smith a trouvé, d'une part, le sulfure double de fer et de chrome qu'il a nommé daubréelite (Voy. plus haut la figure 13, page 63), et d'autre part le fer chromé, inconnu jusque-là dans les météorites métalliques.

Juncal. — Analyse de M. Damour[1] :

Fer	92,03
Nickel	7,00
Cobalt	0,62
Phosphore	0,21
	99,86

Densité, 7,697 à 9°,5, d'après M. Stanislas Meunier.

Bear Creek. — Analyse du fer par Smith[2] :

Fer	83,89
Nickel	14,06
Cobalt	0,85
Cuivre	traces
Phosphore	0,21
	98,12

Analyse de la pyrrhotine par le même :

Soufre	35,08
Fer	61,82
Nickel	0,41
Résidus insolubles	1,81
	99,12

San Francisco del Mezquital. — Analyse de M. Damour[3] :

Fer	93,38
Nickel	5,89
Cobalt	0,39
Phosphore	0,24
	99,89

Densité, 7,835, d'après le même.

1. *Comptes rendus*, séance du 23 mars, 1868.
2. *Mineralogy and Chemistry*, p. 345.
3. *Comptes rendus*, séance du 23 mars 1868.

Augusta. — Nous avons sur le fer d'Augusta un grand mémoire de M. Mallet que nous avons déjà eu l'occasion de citer[1]. On sait que ce fer était représenté par quatre masses pesant 64k,950, 25k,429, 16k,441 et 1k,644, découvertes par la charrue et présentant une écorce ocracée. Ces masses étaient magnétiques et présentaient même des pôles multiples.

Les densités sont égales à

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
D =	7,688	7,853	7,855	7,839

La structure interne est compacte, fortement cristalline, et renfermant quelques particules de troïlite.

Les acides donnent des figures très larges et très belles. Le fer n'est pas passif, mais l'acide azotique le rend passif fort aisément. Il réduit le cuivre assez lentement du sulfate.

L'action prolongée de l'acide détache des lames de schreibersite flexible et magnétique.

Voici les résultats d'analyses :

	1	2	3	4
Fer	91,434	88,706	88,365	89,007
Nickel	7,559	10,165	10,242	9,904
Cobalt	0,608	0,396	0,428	0,387
Cuivre	0,021	0,003	0,004	0,003
Étain	traces	0,002	0,002	0,003
Manganèse	»	traces	»	traces
Phosphore	0,068	0,341	0,362	0,375
Soufre	0,018	0,019	0,008	0,026
Chlore	traces	0,003	0,002	0,004
Carbone	0,142	0,172	0,185	0,122
Silice	0,108	0,067	0,061	0,056
	99,963	99,872	99,659	99,947

Le nickel et le fer furent séparés dans une solution froide et étendue à l'aide du carbonate de baryte, et les précipités obtenus furent soigneusement essayés au point de vue de leur pureté avant que leurs poids fussent acceptés comme corrects.

Une attention spéciale fut accordée à la détermination de l'étain, M. Lawrence Smith ayant déclaré[2] qu'il n'a jamais rencontré l'étain dans les météorites. Le précipité par l'hydrogène sulfuré contenant le cuivre et l'étain fut dans chaque cas préparé avec la solution de plus de 100 grammes de métal.

« Je suis persuadé, dit M. Mallet, que le chlore n'est pas d'origine météorique, mais s'est introduit dans la masse durant son séjour dans le sol. Le suintement de chlorure ne se voit que là où existent des fissures communiquant avec l'extérieur. »

1. *Silliman's American Journal*, 3e série, t. II, p. 10, 1871.
2. *Id.*, 2e série, t. XLIX, p. 333, mai 1870.

M. Aristide Brezina a étudié d'une manière très approfondie les figures que ce fer donne par les acides[1].

Descubridora. — D'après l'analyse de M. Patricio Murphy[2] ce fer contient :

Fer	89,51
Nickel	8,05
Cobalt	1,94
Soufre	0,45
Chrome et phosphore	traces
Perte	0,05
	100,00

La densité est égale à 7,38.

Casey County. — D'après M. Brezina[3], les figures de Widmanstætten données par le fer de Casey County consistent en bandes de kamacite de 2 millimètres de largeur.

7e TYPE

SCHWETZITE. (STAN. MEUN.)

Roche métallique, peu cristalline, prenant bien le poli. — *Densité :* *Composition minéralogique :* formée surtout du mélange de la kamacite avec la plessite (fig. 28).



Fig. 28. — Schwetzite découverte en 1854 à Werchne-Udinsk (Sibérie orientale). Surface polie traitée par un acide. Grandeur naturelle.

Chutes principales :
1854. Werchne-Udinsk, Niro, Witim, Sibérie orientale.
1857. Schwetz, Marienwerder, Prusse.
1867. Prambanan, Sokrakarta, Java.

1. *Wien. Akad. Bericht.* 1880.
2. *Dictamen approbado por la Sociedad de Historia natural.* Mexico, 1873.
3. *Acad. der Wissenchaft. zu Wien.* octobre 1880.

Schwetz. — Analyse de Rammelsberg [1] :

Fer	93,18
Nickel	5,77
Cobalt	1,05
	100,00

G. Rose [2], de son côté, trouva dans le résidu noir, outre le charbon :

Fer	22,59
Nickel	34,77
Cuivre	4,74
Chrome	3,90
Phosphore	34,13
	100.13

Prambanan. — Analyse de Van der Boon Mesch et Van Baumhauer [3] :

Fer	95,15
Nickel	4,53
Cobalt	traces
Silicates	0,32
	100,00

8e TYPE

JEWELLITE. (Stan. Meun.)

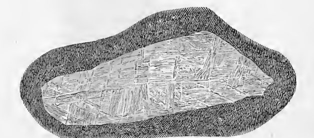


Fig. 29. — Jewellite tombée le 1er avril 1835 à Dickson (Texas, États-Unis). Surface polie traitée par un acide; grandeur naturelle.

Roche métallique, cristalline, prenant bien le poli. — *Densité :* 7,71 (Wright). — *Composition minéralogique :* Formée surtout de tænite et de plessite ($Fe^{10}Ni$).

1. *Poggend. Ann.*, t. LXXXIX, p. 153.
2. *Poggend. Ann.*, 83,594.
3. *De Meteoorsteenen*, par le Dr F. W. Krecke, p. 18 (1882).

On y distingue de très petits grains de schreibersite. Les acides donnent des figures très fines (fig. 29).

Chutes principales :
1835. 1er août. Dickson, Tennessee, États-Unis.
1853. Lion River, Pays des Namaquois, Afrique australe.
1854. Putnam, Géorgie, États-Unis.
1856. Jewell-Hill, Madison County, Caroline du Nord, États-Unis.
1860. Lagrange, Oldham County, Kentucky, États-Unis.
1876. Bates County, Missouri, États-Unis.

Dickson. — Le métal, au moment de la chute, était poli et brillant sur beaucoup de points de la surface et il ne s'oxyda pas aisément, bien qu'il restât longtemps exposé à l'air. A ce point de vue, c'est un métal tout à fait exceptionnel.

Quoique à l'œil nu sa surface externe apparaisse comme une masse de fer homogène, à la loupe on reconnaît des figures extrêmement remarquables causées par l'entrecroisement de lamelles régulièrement orientées (fig. 30).

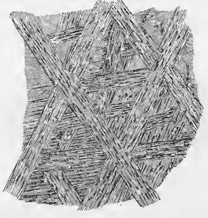


Fig. 30. — Réseau de lamelles régulièrement orientées, visible à la loupe, à la surface de la Jewellite tombée à Dickson, Tennessee le 1er août 1835 (très fortement grossi). D'après Lawrence Smith.

Les lames sciées et polies résistent sans se ternir aux vapeurs ordinaires des laboratoires. A l'aide des acides ou de la chaleur on y développe des figures de Widmanstætten et elles sont d'une remarquable beauté.

Ce fer n'est pas absolument compact. A la loupe on y reconnaît de petites cavités. On n'y a pas rencontré de schreibersite.

La densité est égale à 7,717.

La composition est exprimée de la manière suivante :

Fer	91,15
Nickel	8,01
Cobalt	0,72
Cuivre	0,06
	99,94

Pas trace de soufre; traces à peine sensibles de phosphore.

Comme on l'a vu, M. Wright a examiné le *gaz occlus* et y a trouvé :

Hydrogène	71,04
Oxyde de carbone	15,03
Acide carbonique	13,03
	99,10

Sans quantité appréciable d'azote.

Lion River. — Analyse de M. Shepard[1] :

Fer	93,3
Nickel	6,7
	100,0

Densité, 7.45, d'après le même.

Putnam. — Analyse de M. Shepard[2] :

Fer	89,52
Nickel avec traces de cobalt	8,82
Étain, Phosphore, Soufre, Magnésium, Calcium	1,66
	100,00

Jewell Hill. — Analyse de Smith[3] :

Fer	91,12
Nickel	7,82
Cobalt	0,43
Phosphore	0,08
Cuivre	traces
	99,45

Lagrange. — Analyse de Smith[4] :

Fer	91,21
Nickel	7,81
Cobalt	0,25
Cuivre	traces
Phosphore	0,05
	99,32

Densité, 7,89, d'après le même.

1. *Sillim. Amer. Journ.* 2e série, t. XV, p. 1.
2. *Sillim. Amer. Journ.* 2e série, t. XVII, p. 331.
3. *Sillim. Amer. Journ.* 2e série, t. XXXIX, p. 240.
4. *Sillim. Amer. Journ.* 2e série, t. XXXI, p. 266.

Bates Cᵒ. — D'après M. Smith[1], ce fer, dont la densité est égale à 7,72, renferme :

Fer	89,12
Nickel	10,02
Cobalt	0,26
Cuivre	0,01
Phosphore	0,12
	99,53

L'auteur a détaché des grains de troïlite qu'il n'a pas analysés, mais dont la densité est égale à 4,73.

9e TYPE

CAMPBELLITE. (STAN. MEUN.).

Roche métallique, peu cristalline, prenant bien le poli. — *Densité:* 7,05. — *Composition minéralogique :* Formée par le mélange de la tænite avec un carbure de fer appelé campbelline. On y distingue de la schreibersite. Les acides donnent une figure très irrégulière (fig. 31).

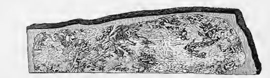


Fig. 31. — Campbellite découverte en 1859 à Salt River (Kentucky). Surface polie traitée par un acide ; grandeur naturelle.

Chutes principales :
1814. Scriba, Oswego County, États-Unis.
1827. Roxburghshire, Écosse.
1859. Salt River, Kentucky, États-Unis.
1853. Campbell County, Tennessee, États-Unis.

Scriba. — Une analyse de M. Shepard[2] a donné :

Fer	99,68
Silice	0,20
Chaux. / Alumine.	0,09
	99,97

Mais l'examen des figures, ainsi que plusieurs essais chimiques, m'ont démon-

1. *Sillim. Amer. Journ.* 3e série, t. XIII, p. 216.
2. *Sillim. Amer. Journ.*, t. XL, p. 336 et 2e série, t. IV.

tré que le fer renferme de la tænite dont le nickel est facilement discernable. Le carbone se dépose en abondance lors de la dissolution de certains échantillons.

Densité, 7,5, d'après M. Shepard.

Roxburgshire. — Analyse de Thomson[1] :

Fer	93,51
Nickel	4,86
Silice	0,91
Carbone	0,59
	99,87

La densité est de 6,517, d'après Thomson.

Salt River. — Analyse de Brewer[2] :

Fer	91,14
Nickel	9,05
Magnésie	traces
Sodium	traces
Inattaquables	0,26
Soufre	traces
	100,55

Densité, 6,835, d'après M. Shepard.

Je me suis assuré de la présence de carbone.

Campbell County. — Analyse de L. Smith[3] :

Fer	97,54
Nickel	0,25
Cobalt	0,60
Carbone	1,50
Phosphore	0,12
Silice	1,05
Cuivre	traces
	101,06

Densité, 7,04, d'après le même.

1. *Edinb. Philos. Journ.*, nouvelle série, juillet, 1862.
2. *Proceedings' Amer. Assoc.*, 1850, page 36.
3. *Sillim. Amer. Journ.* 2e série, t. XIX, p. 153.

10e TYPE :

BURLINGTONITE (STAN. MEUN.)

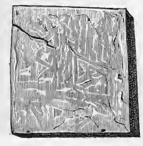


Fig. 32. — Burlingtonite découverte en 1819 à Burlington (États-Unis). Surface polie traitée par un acide ; grandeur naturelle.

Roche métallique, cristalline, prenant bien le poli, malléable. — *Densité :* 7,501 (Rockwell) à 7,728 (Clark). — *Composition minéralogique :* Formée par le mélange de la tænite et la braunine. On y distingue de la schreibersite et de la troïlite. Les acides dessinent de très belles figures.

Chutes principales :
1819. Burlington, Ostego County, États-Unis.
1865. Dellys, Algérie.
1870 23 janvier[1]. Nedagolla, Vizagapatam, Indes.
1874. Mejillonès, désert d'Atacama, Chili.

Dellys. — Le fer de Dellys, province d'Alger, offre sur une surface polie et traitée par les acides, les figures de Widmanstætten d'une manière très caractérisée[2]. On y reconnaît les alliages, dits : tænite et braunine.

Burlington. — Analyse de Clark[3] :

Fer	89,752
Nickel	8,897
Cobalt	0,625
Schreibersite	0,703
	99,977

Densité, 7,728, d'après le même.

1. La chute de ce fer a eu lieu devant témoins.
2. *Comptes rendus*, t. LXII, p. 77.
3. *Wien. Akad. Ber.*, t. LXII, p. 412, 1860.

11e TYPE :

TUCZONITE (STAN. MEUN.)



Fig. 33, — Tuczonite découverte en 1846 à Tuczon, au Mexique. Surface polie traitée par un acide ; grandeur naturelle.

Roche métallique, compacte, prenant bien le poli, renfermant de très petits grains pierreux, distants les uns des autres. — *Densité :* 6.52 à 7.13 (L. Smith). — *Composition minéralogique :* mélange de tænite et de fer doux.

Chutes principales :
1834. Claiborne, Alabama, États-Unis.
1846. Tuczon, Sonora, Mexique.

Claiborne. — Analyse de Jackson [1] :

Fer	66,560
Nickel	24,708
Manganèse	3,240
Soufre	4,000
Chlore	1,480
	99,988

Analyse de Hayes :

Fer	83,572
Nickel	12,65
Soufre	2,395
Chlore	0,907
	99,539

Densité, 6,82, d'après Rumler.

Tuczon. — La quantité de silicate est relativement grande dans le fer découvert à Tuczon (Sonora, Mexique), en 1846, et qui doit en conséquence être considéré

1. *Silliman. Amer. Journ.*, t. XXXIV, p, 332 et t. XLVIII, 145-656.

comme représentant un des premiers passages des fers entièrement métalliques aux lithosidérites. A première vue on le prendrait pour un fer proprement dit, mais si, comme l'a fait Lawrence Smith, on l'étudie à la loupe, on reconnaît, dans la masse métallique, l'existence d'un très grand nombre de très petits grains pierreux.

Lawrence Smith a soumis ce fer à une étude intéressante[1]. Sa densité est comprise, suivant les échantillons, entre 6.52 et 7.13.

Il possède le caractère curieux de ne pas présenter par les acides à proprement parler les figures de Widmanstætten (fig. 32).

Son analyse a fourni les résultats suivants :

Fer	85,54
Nickel	8,55
Cobalt	0,61
Cuivre	0,03
Phosphore	0,12
Sesquioxyde de chrome	0.21
Magnésie	2,04
Alumine	traces
Silice	3,02
	100,12

Smith admet que la composition immédiate est représentée par :

Fer nickélifère	91,81
Fer chromé	0,41
Schreibersite	0,84
Péridot	5,06
	100,12

Le péridot est en grains qui paraissent cristallisés, mais dont, à notre connaissance, on n'a pas déterminé la forme.

12e TYPE :

LENARTITE (STAN. MEUN.).

Roche métallique prenant bien le poli. *Densité :* 7. — *Composition minéralogique.* Mélange de tænite, de kamacite et de plessite.

1. *Mineralogy and Chemistry*, p. 281.

Chute unique :
1825. Lenarto, Scharosh, Hongrie.

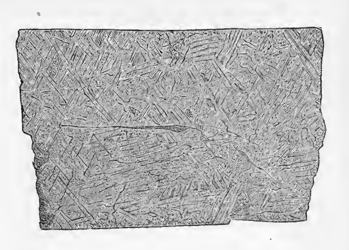


Fig. 34. — Lenartite découverte en 1825 à Lenarto (Hongrie) Surface polie traitée par un acide ; grandeur naturelle.

Lenarto. — Une analyse de Wehrle, confirmée par M. Boussingault, indique dans cette météorite :

Fer.	90,9
Nickel	8,5
Colbalt	0,7
Cuivre	traces
	100,1

Nous avons mentionné plus haut la présence de gaz occlus dans le fer de Lenarto.

APPENDICE A LA PREMIÈRE DIVISION

HOLOSIDÈRES MAL DÉFINIES.

Notre souci constant de ne donner dans ce travail que des notions pouvant être confirmées dans les collections du Muséum, nous oblige de tenir, au moins provisoirement, en dehors de la classification lithologique, quelques fers représentés à Paris

par des échantillons mal caractérisés. Certains d'entre eux ont cependant été l'objet d'analyses plus ou moins complètes, mais pour aucun d'eux la connaissance de la composition minéralogique, seule base taxonomique, n'est parvenue jusqu'à nous.

Ces fers sont ceux-ci :

1763, Siratik, Bambuck, Sénégal, Afrique.
1802, Bitburg, Eifel, Prusse.
1811, Bemdego, Bahia, Brésil.
1826, Kamtschatka.
1835, Black Mountains, Buncombe C°, Caroline du Nord.
1866, Brésil, localité inconnue.
1867, Auburn, Macon County, États-Unis.
1879, Ivanpah, San Bernardino, Californie.

Bitburg. — D'après une notice publiée dans les *Annales de Gilbert*[1], la masse primitive pesait de 1600 à 1700 kilogrammes. Sa densité, remarquablement faible, ne dépasse pas 6,858 d'après les mesures de Nöggerath et Bischoff.

Stromeyer en a donné l'analyse suivante :

Fer	81,8
Nickel	11,9
Cobalt	1,0
Manganèse	0,2
Soufre	5,1
	100,0

D'après John, le même fer renfermerait :

Fer	78,82
Nickel	8,10
Cobalt	3,00
Manganèse	4,00
Silicium	0,80
Soufre avec traces de sélénium	4,50
Silice	5,50
	140,72

Bemdego. — La densité d'après Rumler est égale à 7,488.

L'analyse de Fickentscher a donné[2] :

Fer	91,90
Nickel	5,71
Résidu inattaquable	0,46
Perte	1,93

1. T. LX, p. 243 et t. LXVIII, p. 342.
2. *Meteoriten in Sammlungen*, p. 144.

Black Mountain. — Analyse de M. Shepard[1] :

Fer	96,04
Nickel avec traces de cobalt	2,52
Substances inattaquables. / Soufre / Perte	1,44
	100,00

Densité, 7,261, d'après le même.

2e DIVISION. — SYSSIDÈRES (Daub.) ou LITHOSIDÉRITES.

Au point de vue de la classification, il est très important de savoir avec précision quelles relations existent entre le fer et la pierre dans une masse sidérolithique. Aussi M. Daubrée, dans un travail auquel nous avons été associé[2], s'est-il proposé de déterminer ces relations dans tous les cas douteux. Le procédé mis en usage a fait connaître, entre autres, la véritable structure du fer de Rittersgrün.

Ainsi qu'on le fait remarquer dans ce travail, il est clair que le seul moyen de savoir avec certitude si une masse sidérolithique contient le fer en grains isolés ou sous forme d'un réseau continu, comme dans la masse de Krasnojarsk, est d'arriver à séparer exactement le fer de toute la matière pierreuse sans altérer l'état ni même la forme du métal. On avait songé d'abord, pour réaliser cette séparation, à l'emploi de l'acide fluorhydrique qui attaquerait le silicate, dont il serait alors facile de se débarrasser. Mais les résultats n'ont pas été conformes à ce qu'on pouvait attendre ; dans plusieurs expériences où l'on opérait sur des masses renfermant du péridot, on avait précisément l'inverse de ce qu'il s'agissait d'obtenir, c'est-à-dire que le fer était attaqué, tandis que le silicate restait intact. La potasse en fusion, les lessives alcalines bouillantes, l'acide nitrique fumant, dans lequel le silicate est attaqué, tandis que le fer, devenu passif, se conserve indéfiniment, furent successivement essayés sans que le résultat fût complètement satisfaisant.

C'est un procédé purement physique qui répond le mieux à la question. Voici en quoi il consiste :

Un fragment de la météorite à étudier étant donné, on le place dans un creuset de platine que l'on chauffe rapidement au rouge vif au moyen d'une lampe à gaz. Lorsque la pierre a atteint une température égale à celle du creuset, c'est-à-dire lorsqu'elle est bien rouge, on la plonge rapidement dans de l'eau très froide jusqu'à refroidissement complet. Par cette simple manipulation, le silicate *étonné* s'est fendillé en tous sens, et l'on peut, sans la moindre difficulté, l'enlever d'une manière complète avec des pinces.

Des expériences assez nombreuses faites sur des météorites différentes ont prouvé que le procédé est général et donne de très bons résultats. Le seul inconvénient qu'il présente est d'oxyder un peu la surface du fer par suite du contact de l'eau.

1. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. IV, p. 82.
2. *Comptes rendus*, etc., t. LXV, 1867.

L'inconvénient disparaît si l'on remplace l'eau par le mercure, qui opère un étonnement peut-être plus complet. Lorsqu'on fait usage de mercure, il est nécessaire de fixer l'échantillon en expérience à l'extrémité d'un gros fil de fer qui permet, malgré la différence des densités, de le plonger au fond du bain métallique. Dans quelques cas, on a opéré au moyen d'un appareil particulier rempli d'acide carbonique, et alors on a pu considérer l'oxydation du fer comme nulle.

Un échantillon de la météorite de Rittersgrün traité par ce procédé a montré que les grains de fer, qui, tout d'abord, semblaient parfaitement indépendants les uns des autres, sont tous reliés entre eux; le fer est donc continu, ici comme dans les météorites précédentes. Toutefois le fer de Rittersgrün diffère essentiellement de celui d'Atacama ou de celui de Pallas. Dans ceux-ci, comme on vient de le dire, la pierre est en grains séparés ; il n'en est pas de même dans le fer de Rittersgrün. Ici la pierre est continue tout aussi bien que le fer lui-même. Ce sont deux réseaux, l'un métallique, l'autre pierreux, qui s'enchevêtrent mutuellement.

13e TYPE.

PALLASITE (G. Rose).

Roche formée d'une pâte métallique renfermant des cristaux pierreux verdâtres La pâte métallique est cristalline, malléable et prend bien le poli — *Densité :*



Fig 55. — Pallasite découverte en 1749 à Krasnojarsk (Sibérie). Échantillon poli; grandeur naturelle.

du fer 7,16 à 7,864 (Rumler), de la pierre 3,43 (Rumler). — *Composition minéralogique :* La partie métallique cousiste en tænite, kamacite et catarinite ; elle renferme de la schreibersite et du graphite. La partie pierreuse consiste en péridot. Les acides dessinent sur le fer des figures très nettes qui sont manifestement ordonnées d'après le contour des grains silicatés.

Chute unique :

1772. Krasnojarsk, Jeneséik Sibérie (fer de Pallas).

Le nom de Pallasite a été créé en 1862 par G. Rose[1] pour un type de roches météorites dans lequel il faisait entrer, outre la masse de Krasnojarsk ou fer de Pallas, celles de Brahin, d'Atacama, de Rittersgrün et de Bitburg, que caractérise également, suivant lui, la présence de cristaux de péridot enveloppés dans du fer nickélifère.

J'ai conservé, comme il convenait, cette caractéristique et j'ai respecté le nom proposé par Gustave Rose; mais l'examen minutieux auquel j'ai soumis toutes les météorites, qu'il réunissait dans le même type, m'a prouvé qu'une seule, le fer de Krasnojarsk (ou de Pallas) mérite d'y rester. Les autres s'en séparent par des caractères fort importants et nécessitent l'établissement de types nouveaux, dont l'un sera décrit sous le nom d'Atacamaïte, tandis que les autres suivront sous ceux de Brahinite et de Rittersgranite.

La météorite de Bitburg, citée par Gustave Rose n'est représentée au Muséum que par un échantillon entièrement métallique et si altéré qu'on n'en peut plus déterminer les caractères ; c'est pour cela que je l'ai reléguée parmi les holosidères mal définis que renferme notre collection.

Krasnojarsk. — L'une des plus célèbres lithosidérites est le bloc de Krasnojarsk, connu dans la science sous le nom de *fer de Pallas*, en l'honneur du savant illustre qui l'a découvert en 1772[2]; il pesait environ 700 kilogrammes. Il était revêtu d'une croûte rude, ocracée, altérée sans doute par oxydation. Le reste de la masse est un fer doux, susceptible d'être forgé à froid, mais fragile à chaud[3], et dont la densité est, d'après Rumler, comprise entre 7,16 et 7,846; son caractère saillant est d'affecter une disposition spongieuse ou cellulaire et d'avoir tous ses vides remplis par les cristaux plus ou moins parfaits d'une matière pierreuse verdâtre, transparente et très dure. La densité de ce minéral, qui possède tous les caractères du péridot hyalosidérite, est égale à 3,43, suivant la détermination de Rumler.

Berzélius[4] a soumis ce fer à l'analyse et y a trouvé :

Fer	88,042
Nickel	10,732
Cobalt	0,455
Manganèse	0,132
Étain	0,066
Cuivre	traces
Magnésium	0,030
Soufre	traces
Carbone	0,043
Résidu inattaquable	0,480
	100,000

1. *Berliner Akad. Bericht* du 7 et 14 août et 15 janvier 1863.
2. Il avait été recueilli en 1749.
3. Chladni, dans un mémoire *sur Pallas*, dit à cette occasion : « La fragilité que l'on remarque dans les fragments de la masse de fer de Sibérie, lorsqu'on les traite à chaud, pourrait s'expliquer par quelques restes de soufre qu'elle contiendrait, ce qui rendrait raison de la facilité avec laquelle ce fer se rôtit, ainsi que celui qui a été trouvé à Aix-la-Chapelle. »
4. *Poggendorff's Annalen*, t. XXXIII, p. 129.

Le résidu inattaquable dont il s'agit est formé de

Fer	48,67
Nickel	18,53
Magnésium	9,66
Phosphore	18,47
Carbone	traces
Perte au feu	4,87
	100,00

C'est dire qu'il possède la composition de la schreibersite.

Berzélius a aussi analysé la matière pierreuse renfermée dans le fer de Pallas et il y a trouvé :

Silice	40,86
Magnésie	47,35
Protoxyde de fer	11,72
Protoxyde de manganèse	0,43
	100,36

Rumler y a reconnu, en outre, des traces d'arsenic, et Walenstedt y indique des traces de potasse et de soude.

J'ai repris avec beaucoup de soin l'étude de cette roche très intéressante, sur laquelle j'aurai encore à revenir plus loin. Voici celles de mes observations qui se rapportent à l'histoire purement lithologique de la pallasite.

a. *Squelette métallique.* — La matière constituant le réseau métallique offre des caractères physiques et chimiques qui la rapprochent complètement de certaines holosidères ou fers météoriques dépourvus de substances lithoïdes.

Les alliages dont il est formé, kamacite et tænite, auxquels s'ajoute le métal très nickélifère contenu dans le fer de Sainte-Catherine, loin d'être distribués au hasard, encadrent les grains péridotiques, ou plutôt leurs intervalles, de couches concentriques. Il en résulte que la structure générale de la roche, étudiée sur une surface polie, reproduit exactement celle des filons métallifères terrestres appelés vulgairement *filons en cocardes*.

Mais les fers nickelés ne sont pas les seuls éléments du réseau métallique du fer de Krasnojarsk. Avec eux on a signalé depuis longtemps le graphite, la schreibersite, le chlorure de fer, qui, en certains points, exsude en gouttelettes brunâtres, enfin la pyrrhotine.

Toutefois, ces minéraux ne sont cités dans les analyses que sur un rang très secondaire et comme ne jouant dans la constitution de la masse qu'un rôle tout à fait effacé.

Pour la pyrrhotine en particulier, l'opinion reçue est formulée comme il suit dans le classique ouvrage de M. Buchner[1] : « La pyrite magnétique se présente en

1. *Meteoriten in Sammlungen*, article *Krasnojarsk*, p. 122

quantité infiniment moindre que le fer de la carcasse métallique. Elle est irrégulièrement disséminée et en grains qui brillent çà et là. Souvent elle manque tout à fait. »

Or, en étudiant les échantillons de la collection du Muséum, j'ai rencontré un spécimen qui paraît de nature à faire accorder à la pyrrhotine du fer de Pallas une importance tout à fait imprévue.

Dans certaines régions de cet échantillon qui est heureusement celui que représente la figure 35, le sulfure de fer joue en effet un rôle tout aussi considérable que le fer nickelé lui-même : de nombreux grains de péridot sont agglutinés entre eux par un réseau épais entièrement formé de pyrrhotine sans mélange aucun de fer nickelé.

Il n'y a maintenant aucune témérité à penser qu'on pourra rencontrer un jour une météorite constituée ainsi dans toute sa substance, et certes, sans l'observation de l'échantillon que je signale, on n'aurait aucunement songé à le rapprocher du fer de Pallas.

Il est bien remarquable d'ailleurs de voir que l'allure générale du sulfure est rigoureusement la même que celle des alliages métalliques ; comme eux elle remplit exactement tous les intervalles des grains silicatés ; comme eux aussi elle s'est insinuée en filaments parfois tout à fait capillaires dans les fissures des péridots.

En présence de ce fait, il importait de préciser les relations mutuelles de la pyrrhotine et des alliages métalliques ; ces relations pouvant, comme on le verra plus loin, permettre d'éclaircr l'origine de la pyrrhotine elle-même.

Or, bien qu'en divers points, le fer nickelé et la pyrrhotine s'affrontent directement, nulle part ces composés ne sont absolument en contact. Toujours, il se trouve entre eux une très mince couche de graphite qui paraît identique à celle qui enveloppe les rognons sulfurés dont sont lardés certaines holosidères, telles que celles de Caille et de Charcas.

b. *Fragments lithoïdes*. — Les grains de péridot contenus dans le fer de Pallas ne sont pas des cristaux, comme on le dit quelquefois, mais des fragments de cristaux dont la détermination géométrique a d'ailleurs fourni à Gustave Rose la matière d'un mémoire classique.

14e TYPE.

BRAHINITE (STAN. MEUN.).

Roche formée d'un réseau métallique empâtant des fragments pierreux. Cette roche prend très bien le poli. — *Densité :* 7,58 (Rumler). — *Composition minéralogique :* L'analyse minéralogique de la partie métallique n'a pas été faite, mais d'après l'examen des figures en même temps que des chiffres fournis par l'analyse chimique, on peut croire que la kamacite et la tænite y dominent. On y trouve aussi une quantité notable de schreibersite La pierre paraît essentiellement for-

mée de péridot et de pyroxène. Les figures données par les acides sont très nettes.

Chute principale :

1822. Brahin, Minsk, Russie.



Fig. 36. — Brahinite découverte en 1822 à Brahin (Russie). Surface polie traitée par un acide : grandeur naturelle.

Brahin. — Certains fers, ayant la structure du fer de Pallas, contiennent des silicates plus acides que le péridot, comme du pyroxène. Tel est le cas, par exemple, d'une masse intéressante de fer, trouvée vers 1822 à Brahin, gouvernement de Minsk, en Russie, dont le péridot est mêlé d'un peu de pyroxène.

La composition de cette masse, dont la densité est, d'après Rumler, égale à 7,58, est assez mal connue.

Les seules analyses que l'on en possède sont dues à Laugier[1].

Voici ses résultats :

Fer	87,55	91,50
Silice	6,50	5,00
Nickel	2,50	1,50
Magnésie	2,10	2,00
Soufre	1,85	1,00
Chrome	0,50	traces
	100,60	99,00

L'examen d'une plaque polie de fer de Brahin (fig. 36) permet de se rendre compte des relations qui existent entre le fer et la matière pierreuse.

Celle-ci, sans être, à ce qu'il paraît, en cristaux proprements dits, forme dans

1. *Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XXV, p. 220.

la masse des fragments essentiellement anguleux. On est en droit d'affirmer que sa formation est contemporaine de celle du fer ou même antérieure; en effet, dans certaines parties, où les grains silicatés sont fendillés, on voit dans les fissures qui les traversent le fer se prolonger en filaments déliés.

Traitée par un acide, une lame polie du fer de Brahin donne les figures de Widmanstætten avec une très grande netteté. Leur dessin suit avec précision les contours des grains pierreux, exactement comme on l'observe dans le fer de Pallas.

En examinant avec soin les figures données par les acides, on y trouve en général :

1° Autour des grains pierreux une bande de largeur variable d'un fer qui donne un moiré grenu;

2° Une lamelle de tænite qui n'existe pas absolument partout, mais qui se présente dans le plus grand nombre des points et qui est bien remarquable par ses inflexions grossièrement parallèles, aux contours, des intervalles existant entre les grains pierreux ;

3° Un fer à lamelles de tænite, parallèles entre elles et ressemblant tout à fait à l'alliage qui occupe la même situation dans l'atacamaïte;

4° Quand la zone métallique entre les grains est relativement large, les îlots paraissent de nature très voisine à celles du fer précédent, mais très nettement limités par une lamelle de tænite ;

5° Enfin, dans les endroits où cette zone est au contraire étroite, une lamelle de tænite occupe sa région moyenne.

Les minéralogistes qui se sont les premiers occupés de la masse de Brahin, ont admis que la pierre s'y trouve en cristaux; mais il suffit d'un examen peu approfondi pour reconnaître que, si cette pierre est incontestablement cristalline, elle est en même temps essentiellement fragmentaire et, comme j'y reviendrai plus loin, on est amené à supposer qu'elle provient du concassement de gros cristaux préexistants. Ces fragments lithoïdes offrent des contours arrondis très remarquables d'autant plus instructifs qu'on ne peut pas les attribuer à une cristallisation rapide et gênée : en effet, la matière pierreuse montre des séries de grands clivages parallèles entre eux et, d'un autre côté, comme on l'a vu, le fer en épouse toutes les formes.

La composition de la matière pierreuse est loin de concorder, comme on le supposait, avec celle du péridot; elle est notablement plus riche en silice, mais il est facile de reconnaître sa nature complexe. Sous l'action des acides elle s'attaque inégalement, suivant les points, comme il serait naturel pour un mélange de péridot et de silicates, plus acides sans doute de pyroxène.

15e TYPE

LODRANITE (Stan. Meun.).

Roche d'apparence pierreuse très cristalline, dans laquelle se ramifie un fin réseau métallique qui sert de ciment à toute la masse. — *Densité :* 5,8. — *Composition minéralogique :* Péridot et bronzite réunis par un réseau de fer nickelé

Chute unique :
1868. Lodran, Multan, (Indes).

Lodran. — La météorite de Lodran offre des caractères tout à fait spéciaux. A première vue, et par suite de la prédominance de ses éléments lithoïdes, on serait disposé à lui attribuer la structure ordinaire des sporadosidères ; on y voit briller trois éléments constituants nettement différents les uns des autres : deux

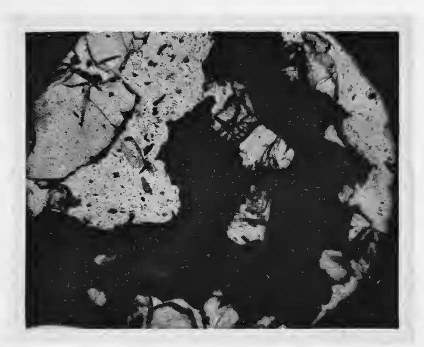


Fig. 37. — Lodranite tombée en 1868 à Lodran (Indes). Lame mince observée au microscope.

substances pierreuses, l'une incolore (bronzite), l'autre d'un bleu vif tout à fait exceptionnel parmi les minéraux météoritiques (péridot) ; — une matière métallique constituante en fer nickelé. A la loupe on aperçoit, en outre, de très petits grains constitués les uns par la pyrrhotine, les autres par le fer chromé.

Partie métallique. — Quelques expériences fort simples conduisent cependant à reconnaître que la partie métallique n'en est point comme dans les sporadosidères à l'état de granules disséminés. En chauffant au rouge un petit fragment que l'on plonge brusquement dans le mercure, on étonne les silicates qui tombent en poussière et il reste un très fin réseau métallique, analogue, pour la forme et malgré son extrême ténuité, au squelette du fer de Pallas. Lodran est donc une syssidère.

Cette conclusion est confirmée par l'observation microscopique d'une lame mince (fig. 37).

M. Tschermak a publié l'analyse suivante du réseau métallique :

Fer	85,44
Nickel	12,79
Magnésie	0,25
Résidu	0,81
	99,29

Diverses observations et avant tout l'examen microscopique, permettent d'affirmer qu'il ne s'agit cependant pas là d'un alliage défini, mais du mélange de plusieurs alliages comme dans le fer Pallas et les autres syssidères précédemment étudiées.

Partie lithoïde. — L'observation d'une lame mince permet de reconnaître que les minéraux lithoïdes consistent, comme je l'ai déjà dit, en péridot et en bronzite intimement mélangés. C'est d'ailleurs ce que M. Tschermak a constaté depuis longtemps [1].

M. Tschermak a publié les chiffres suivants comme exprimant la composition du péridot de la météorite de Lodran :

Silice	40,14
Magnésie	46,01
Protoxyde de fer	13,55
Oxyde de chrome	0,60
	100,30

Voici, d'après M. de Lang, les éléments goniométriques de cette substance :

	Mesurés	Calculés.
100 : 110 =	65°,2	65°,2
110 : 110 =	49°,49	49°,57
100 : 210 =	46°,30	47°,2
100 : 310 =	35°,30	35°,36
100 : 201 =	41°,0	40°,27

D'après l'analyse de M. Tschermak la bronzite de Lodran renferme :

Silice	55,55
Magnésie	32,05
Protoxyde de fer	12,13
Alumine	0,60
Chaux	0,58
	101,51

1. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien*, séance du 7 avril 1870.

La forme cristalline est celle des bronzites basaltiques. M. de Lang en a fait une étude dont nous extrayons les chiffres suivants :

	Observés	Calculés
100 : 320 =	34°,50	34°,30
100 : 110 =	45°,56	45°,52
100 : 230 =	57°,15	57°,6
100 : 130 =	71°,56	72°,5

La structure des grains silicatés est fort intéressante. On y observe des inclusions remarquables par leur volume relativement considérable. M. Tschermak a dessiné celles qu'on observe en grand nombre dans la bronzite et qui, souvent incolores et presque invisibles dans la lumière ordinaire, se teignent de nuances très vives entre les deux nicols. J'ai eu l'occasion d'en voir plusieurs de ce genre et de noter de remarquables accidents de coloration. Mais les grains de péridot m'en ont offert de bien plus intéressantes encore par la présence de noyaux solides enfermés dans des cavités sphéroïdales qu'ils sont loin de remplir. L'une des vacuoles d'une substance incolore et active possède cinq noyaux noirs et opaques qui, au grossissement de 550, sont de formes tout à fait irrégulières. A 780 diamètres leur aspect n'est pas notablement différent. La nature de ces noyaux est peut-être indiquée par celle des inclusions noires noyées en pleins silicates et dont M. Tschermak a dessiné deux exemples en les considérant comme du fer chromé. Contrairement à ce que suppose le minéralogiste autrichien, ces inclusions ne sont pas sphéroïdales, mais tout à fait polyédriques : c'est ce que l'on voit très nettement au grossissement de 550 ; il est cependant impossible, même dans ces conditions, d'y reconnaître aucun cristal.

Un autre fait à rapprocher des inclusions est celui, fréquent surtout dans le péridot, des fissures de clivage contenant des granulations foncées d'aspect dendritique et que M. Tschermak regarde encore comme constituées par le fer chromé. Cependant si, au lieu de s'arrêter à 60 diamètres comme a fait M. Tschermak, on examine ces dendrites à 140 diamètres et même à 550, on s'aperçoit qu'elles sont loin d'être opaques et présentent une nuance brunâtre qui n'est pas celle du fer chromé. A 780 diamètres il est manifeste que la matière qui les compose n'a aucune forme cristalline. Il s'agit vraisemblablement d'infiltration dans les craquèlements des silicates et la matière ainsi emprisonnée, sans rapport avec le fer chromé, date peut-être de la constitution même de la météorite.

Cette remarque nous amène vers le côté vraiment géologique de l'étude de la météorite de Lodran, et c'est sur ce côté, que personne n'a abordé jusqu'ici, qu'il me restera à appeler l'attention dans un chapitre ultérieur.

16e TYPE.

ATACAMAÏTE. (Stan. Meun.)

Roche formée d'une pâte métallique renfermant des fragments rocheux grisâtres. La pâte métallique est malléable et prend bien le poli. — Densité : du fer,

7.5, de la pierre, 3.3. — *Composition minéralogique*. La partie métallique est essentiellement composée de kamacite et de tænite. Les grains pierreux consistent en dunite. c'est-à-dire, en une roche où sont en mélange le péridot, le pyroxène et la chromite.

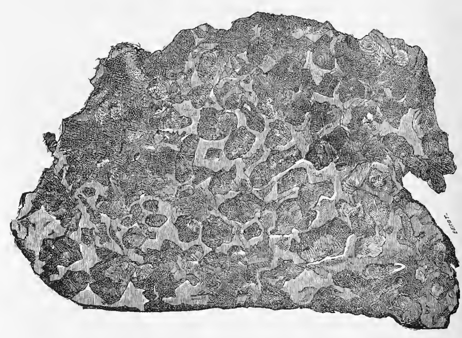


Fig. 38. — Atacamaïte découverte en 1827 à Imilac, désert d'Atacama. Surface polie traitée par un acide; grandeur naturelle.

Chutes principales :
1827. Imilac, Atacama, (Bolivie).
1877. Caracolès, désert d'Atacama, (Bolivie).

Imilac, Atacama. — Le fer d'Atacama (fig. 38) est remarquable par sa structure spongieuse. Les nombreuses vacuoles qu'il présente sont remplies d'une matière lithoïde essentiellement péridotique. Soumis à l'analyse chimique successivement par Allan et Turner [1], Field [2], Frapoli [3], de Kobel [4], Morren [5], Rivero, Schmidt [6], etc., il a donné des résultats tout à fait analogues à ceux que l'on obtient dans l'examen du fer de Pallas, et c'est pour cela que Gustave Rose l'a compris dans son groupe des pallasites.

1. *Poggendorff's Annalen*, t. XIV, p. 470.
2. *Journal für praktische Chemie*, t. LXIX, p. 250.
3. *Jahrbuch für Mineralogie*, année 1857, p. 264.
4. *Corresp. Bl. geol. min. Vereins Regensburg*, t. V, p. 112, 1871.
5. *Chronique scientifique*, 1re année, n° 8.
6. *Poggendorff's Annalen*, t. LXXXIV, p. 501.

D'après M. Rumler, la densité de la partie métallique varie de 7,44 à 7,66, et la densité de la partie pierreuse est égale à 3,33.

M. Frapoli a trouvé pour le métal la composition suivante :

Fer	33,01
Nickel	10,25
Cobalt	0,70
Magnésium	0,22
Calcium	0,13
Sodium	0,21
Potassium	0,15
Phosphore	0,33
	100,00

M. de Kobel a trouvé, pour la composition du silicate, les nombres suivants, qui conviennent parfaitement au péridot :

Silice	40,79
Magnésie	47,05
Protoxyde de fer	12,10
Alumine	0,02
	99,96

Il y signale, en outre, des traces d'oxyde de nickel, de cobalt et de manganèse; M. Rumler y a trouvé de l'arsenic.

Tout le monde admet aujourd'hui que le fer d'Atacama est comme une seconde édition du fer de Pallas, de sorte que la plupart des minéralogistes, à commencer par Gustave Rose, n'ont fait aucune difficulté pour le comprendre dans le même type lithologique que la météorite de Krasnojarsk.

Je suis à regret contraint de m'inscrire contre cette opinion si unanime. Les expériences auxquelles j'ai soumis comparativement les deux masses prouvent qu'elles diffèrent profondément entre elles, malgré leur identité de structure générale, qui consiste en un réseau de fer dont les mailles sont remplies de matériaux pierreux.

Relativement à la matière métallique, les différences sont toutefois peu sensibles : dans Atacama comme dans Pallas, ce qui domine ce sont les deux alliages de fer et de nickel, qualifiés de tænite et de kamacite; ils sont, dans les deux météorites, disposés en zones concentriques autour des fragments pierreux.

La constitution du squelette métallique résulte de l'examen d'un échantillon poli et traité à l'acide suivant la méthode de Widmanstetten. On y voit, autour des fragments pierreux, une succession très remarquable par sa constance de diverses matières métalliques.

Outre des amas de pyrrhotine qui, souvent associés à la schreibersite, sont pour l'ordinaire enveloppés d'une matière graphitoïde, — on y voit d'abord un fer nickelé encadrant les fragments pierreux. Son épaisseur est très variable, mais

il ne manque jamais et il manifeste sous l'action des acides une structure homogène et grenue très caractéristique.

Les vides laissés par le fer précédent, sont complètement remplis par un autre fer fort différent au point de vue de sa structure, et qui comprend au moins deux alliages distincts dont l'un se présente en lamelles parallèles entre elles à la façon des cristaux de tænite.

Pour ce qui est des fragments pierreux, ils présentent dans Atacama, et contrairement à ce qui résulte des analyses mentionnées plus haut, une composition absolument spéciale.

Déjà, il y a plus de dix ans, j'ai annoncé que l'examen à la loupe et quelques essais rapides m'avaient suffi pour reconnaître dans ces fragments, en association avec le péridot granulaire, une proportion notable de pyroxène et de nombreux grains de fer chromé [1], c'est-à-dire la constitution même de la chassignite et de la dunite.

Si l'on compare la matière pierreuse essentiellement péridotique qui remplit les vacuoles de la météorite d'Atacama au péridot du fer de Pallas, on est immédiatement frappé d'une différence profonde : tandis que celui-ci est cristallisé et souvent même avec des formes très nettes, l'autre se présente en fragments complètement irréguliers de forme et dont la structure seule est cristalline.

De plus cette matière cristalline ne possède pas, comme les cristaux du péridot, une composition simple. Si, par exemple, on examine à la loupe l'échantillon enregistré aux catalogues du Muséum sous le signe 2. Q. 56, rien n'est plus aisé que de reconnaître en très grand nombre, au milieu de la matière pierreuse, de très petits grains noirs, brillants, métalloïdes et opaques, consistant en fer chromé. En outre, la solution du péridot dans l'acide chlorhydrique laisse un faible résidu de matière pierreuse vraisemblablement pyroxénique.

Cette composition complexe rapproche tellement la matière lithoïde d'Atacama de la chassignite et de la dunite entre lesquelles sa structure est en général intermédiaire, que dans certains points elle devient identique, soit à la roche météoritique, soit à la roche terrestre. Par exemple, des fragments de l'échantillon qui vient d'être désigné offrent, pour la distribution en petits amas des grains de fer chromé, une ressemblance parfaite avec un échantillon de dunite venant de la rivière du Butor à l'île Bourbon.

Depuis l'époque de mon premier travail, j'ai repris l'étude de cette roche si intéressante au point de vue de la Géologie comparée, et j'ai obtenu les résultats qui vont suivre, que je donne en toute assurance, malgré leur complet désaccord avec ceux de mes devanciers. Je ferai même remarquer à cette occasion que la nature des grains pierreux contenus dans la masse d'Atacama nous fournit une occasion d'insister sur la prudence avec laquelle on doit interpréter minéralogiquement le résultat des analyses chimiques. M. Rammelsberg se livre en effet, à l'égard de ces grains, à des considérations [2] qui conduiraient à les faire regarder comme ayant une composition constante répondant à la formule

$$Fe^2SiO^4,4Mg^2SiO^4.$$

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. LXXV, p. 588, 2 septembre 1872.
2. *Abhandlungen der K. Akd. der Wissensch. zu Berlin*, 1870, p. 88.

On va voir que c'est comme si l'on donnait la formule chimique du granit.

Réduite en poudre, la roche pierreuse empâtée dans le fer d'Atacama abandonne à l'aimant une quantité relativement très grande d'une matière aussi magnétique que de la limaille de fer, très fragile, clivable et fort brillante. Cette matière est bien loin d'être uniformément répandue dans la roche; elle abonde surtout au voisinage du squelette métallique, constituant en divers points des géodes et des druses où il ne faut pas déscspérer de rencontrer des cristaux déterminables. Elle existe aussi dans quelques fissures de la roche où elle semble s'être introduite très postérieurement à la constitution de celle-ci.

La substance métalloïde dont il s'agit résiste à l'action des acides à froid et paraît être attaquée à peine et seulement avec une extrême lenteur, par l'acide azotique concentré et bouillant.

Tous ses caractères l'identifient avec la schreibersite, signalée depuis longtemps dans les fers météoriques, mais qui se présente ici à un état de pureté tout à fait exceptionnel.

D'ailleurs c'est la première fois qu'on signale ce composé remarquable, consistant en phosphure de fer et de nickel, autre part que dans la masse même des fers nickelés.

Avec la schreibersite se montrent de petits grains faciles à reconnaître pour la pyrrhotine, mais qui sont très peu abondants : aucune analyse publiée jusqu'ici à ma connaissance ne signale cependant de proportion sensible de soufre dans la météorite qui m'occupe.

Débarrassée de toute matière magnétique, la roche ne s'attaque que fort incomplètement dans l'eau régale, même après une digestion de plusieurs jours. Tout le péridot disparaît ainsi et dépose des quantités considérables de silice gélatineuse; en même temps, de faibles proportions se dissolvent, d'un minéral à la fois alumineux et calcique (probablement de l'anorthite) et la liqueur se charge abondamment de fer provenant du péridot.

Après lavage et élimination de la silice en gelée, on reconnaît que le résidu consiste dans le mélange d'un minéral cristallin à peu près incolore avec de très nombreux petits grains noirs et opaques.

Ceux-ci sont formés de fer chromé, ainsi que je l'ai antérieurement annoncé.

Quant au minéral hyalin, c'est un pyroxène magnésien facile à analyser et bien reconnaissable à ses propriétés optiques.

Dans l'échantillon que j'ai examiné, le pyroxène représentait sensiblement 9 pour 100 du poids total de la roche; cette proportion est donc bien loin d'être négligeable et n'a aucunement son analogue dans la substance pierreuse du fer de Pallas.

Certes, le dosage des éléments associés dans une roche complexe ne présente qu'un intérêt tout à fait secondaire, — les quantités relatives de ces éléments variant nécessairement, et parfois dans de larges limites, suivant l'échantillon considéré. Cependant, ayant été amené, comme on vient de le dire, à évaluer la proportion de pyroxène dans la roche d'Atacama, j'ai cru devoir estimer la proportion des autres minéraux qu'elle renferme. Pour la schreibersite et pour la chromite il ne s'est présenté aucune difficulté. L'anorthite et la pyrrhotine ont été déterminées indirectement, la première d'après la quantité d'alumine renfermée dans l'eau régale,

l'autre d'après l'acide sulfurique formé dans l'acide azotique où la schreibersite, mêlée au sulfure, avait été mise à bouillir.

Enfin, j'ai estimé par différence la proportion du péridot.

Voici les résultats ainsi obtenus :

Pyroxène..	9,00
Schreibersite	4,00
Chromite.	1,20
Anorthite.	0,10
Pyrrhotine	0,50
Péridot (par différence)	85,20
	100,00

17e TYPE.

DEÉSITE. (STAN. MEUN.)

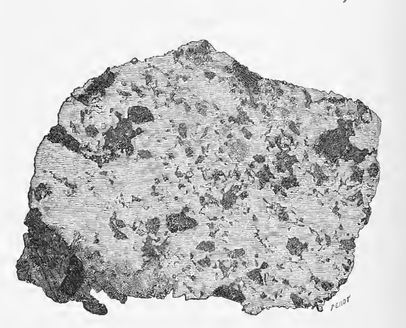


Fig. 39. — Deésite découverte en 1866 dans la sierra de Deesa, au Chili. Surface polie ; grandeur naturelle.

Roche formée d'une pâte métallique renfermant des fragments pierreux anguleux. La partie métallique offre une cristallisation confuse et prend bien le poli ; la pierre elle-même est fort dure et se polit bien. — *Densité :* du fer, 7,510 (Stanislas

Meunier); de la pierre 3,589 (le même). — *Composition minéralogique :* La partie métallique présente rigoureusement la composition de la caillite, mais elle n'en a pas la structure, ainsi qu'en témoigne l'absence de figure proprement dite sous l'action des acides. La partie pierreuse offre rigoureusement la composition de la tadjérite.

Chutes principales :
1840. Hemalga, Calcahuayo, Chili.
1866. Haute-Sierra de Deesa, Santiago, Chili.

Hemalga. — Analyse de Darlington [1].

Fer	93,48
Nickel	4,56
Cobalt	0,37
Manganèse	0,18
Phosphure métallique	1,26
Chrome	traces
	99,85

Densité 6,5, d'après Greg.

Deesa. — C'est à M. Domeyko, inspecteur général des mines à Santiago, que le Muséum d'histoire naturelle de Paris doit les échantillons qu'il possède du fer de Deesa. Ces échantillons étaient au nombre de deux, dont les poids respectifs étaient 80 grammes et 1 kil. 305 grammes. Ce dernier a été scié en trois fragments et les sections planes ainsi obtenues ont permis d'étudier la structure interne de la masse.

Encore en 1879, M. Rammelsberg [2] rangeait parmi ses *Broncit-Palasite* la masse de Deesa ! On verra cependant qu'elle n'a aucun rapport avec le fer de Krasnojarsk.

Sa structure ne pouvait pas être soupçonnée avant la section dont on vient de parler : la surface extérieure du bloc donne l'idée d'un fer proprement dit, remarquable par son apparence fendillée, au moins dans certains points, et surtout sur le petit échantillon de 80 grammes. Toutefois, avec beaucoup d'attention, on peut distinguer çà et là dans l'enveloppe ocracée qui résulte d'une oxydation superficielle, certaines parties noires lithoïdes, mais on serait facilement porté à les considérer comme étrangères à la matière météoritique.

On découvre la signification de ces parties noires par l'examen de la section pratiquée au travers de la météorite : ce sont des fragments pierreux tout à fait noirs et très anguleux qui donnent à l'ensemble une apparence bréchoïde.

Les dimensions de ces fragments sont très variables : les uns n'ont que quelques millimètres ; d'autres atteignent presque deux centimètres en tous sens. Ils renferment à un état assez grand de dissémination des petits grains de fer métallique et des rognons de ce sulfure particulier de fer et de nickel que l'on désigne sous le nom de troïlite et qui est la pyrrhotine.

1. Buchner, *Die Meteoriten in Sammlungen*, p. 191.
2. *Abhandlungen der K. Akad. der Wissenschaften zu Berlin* (1879), p. 7.

La troïlite s'aperçoit facilement aussi dans la partie métallique qui entoure les fragments noirâtres et l'on reconnaît aussi, çà et là, de petits amas de schreibersite, ou phosphure double de fer et de nickel.

Il est impossible d'indiquer la proportion relative de la pierre et du fer : M. Domeyko, dans un fragment qu'il a examiné et dont la densité était comprise entre 6,10 et 6,24, n'a trouvé que 24 millièmes de matière silicatée. Un autre échantillon m'en a donné 17 centimètres, et il suffit d'un coup d'œil jeté sur la section plane pour reconnaître que certaines régions donneraient un résultat bien plus élevé encore.

La grande variabilité que présente, suivant les points, la proportion relative du fer et de la pierre, interdit de faire une étude chimique de la météorite prise en bloc : Voyons donc successivement ce que renferment le fer puis les fragments pierreux.

Partie métallique. — Il s'agit ici de la substance métallique qui enveloppe les fragments pierreux, et non pas des grains de fer que ces derniers renferment.

Cette substance est d'un gris d'acier tout semblable à celui de la plupart des masses analogues. Sa densité, mesurée à 11 degrés, est égale à 7,510.

Un petit fragment plongé dans l'acide azotique à 36 degrés, acquiert instantanément la passivité et se comporte par conséquent à la manière de l'acier.

Si l'on soumet une plaque polie à l'action d'un acide, on n'y voit pas apparaître de *figure de Widmannstetten* proprement dite. La surface prend toutefois une apparence très remarquable et paraît formée par la réunion de petites plaquettes inégalement attaquables et de formes variées. On dirait une brèche (ou plutôt un poudingue, car tous les grains sont arrondis) dont le ciment, extrêmement peu abondant, est représenté par de petits filets métalliques, d'un blanc mat.

Toutefois, il est facile de reconnaître que cette structure complexe est comparable à une sorte de moiré et n'est pas due, quoi qu'il en paraisse, à la réunion de substances métalliques de nature variée. Il suffit pour cela de soumettre une lame polie au contact de l'air à l'action d'une température progressivement croissante. Cette surface s'irise peu à peu, mais au lieu de manifester, comme la plupart des fers météoriques, une mosaïque colorée due à l'inégale oxydabilité de ses diverses parties, elle se colore uniformément dans tous ses points exactement comme fait une lame d'acier. Toutefois les petits filets signalés ci-dessus restent visibles, grâce à leur couleur blanche qui persiste ; on aperçoit çà et là de très rares et très petits points qui se colorent d'une manière spéciale.

Soumis à l'analyse, le métal a donné à M. Domeyko les nombres que voici :

Fer	87,17
Nickel	8,75
Silicate insoluble	2,40
Phosphure de fer et de nickel	1,42
	99,74

Je n'ai pas cru nécessaire de vérifier ces chiffres dans lesquels on doit avoir la plus entière confiance, vu le nom dont ils sont signés. On verra d'ailleurs qu'ils se

trouvent confirmés d'une manière indirecte par les résultats que j'exposerai plus loin.

Partie pierreuse. — La partie pierreuse est très dure : elle raye aisément le verre, et une pointe d'acier ne l'entame pas. Elle prend très bien le poli.

M. Domeyko n'en ayant point déterminé la composition chimique, j'ai dû en faire une analyse complète.

La densité de cette substance prise à 12 degrés est égale à 3,589.

On y trouve 12,62 pour 100 de matière magnétique consistant exclusivement en fer nickelé.

Soumise, en poudre très fine, à l'action très prolongée de l'acide chlorhydrique, elle se divise en

Matière attaquable	58,45
Matière inattaquable	41,55
	100,00

Voici séparément l'analyse de ces deux parties :

A. Partie attaquable = 58,45 :

		Oxygène.	
Silice	18,64		9,93
Magnésie	17,89	6,93	8,19
Protoxyde de fer	5,71	1,26	
Soude	traces		
Alumine	traces		
Fer nickelé	12,62		
Troïlite	5,01		
	59,87		

B. Partie inattaquable = 41,55 :

		Oxygène.	
Silice	20,79		11,09
Magnésie	9,70	3,76	
Protoxyde de fer	6,99	1,55	5,71
Chaux	1,45	0,48	
Soude	traces		
Alumine	2,27		
Sesquioxyde de fer	0,41		
Sesquioxyde de chrome	traces		
Phosphore, carbone	traces		
	41,61		

On remarque que la proportion d'oxygène de la silice et des protoxydes rapproche la matière *A* du péridot et la matière *B* des minéraux pyroxéniques.

La composition totale de la pierre analysée s'exprime donc par :

Silice	39,43
Magnésie	27,59
Protoxyde de fer	12,70
Chaux	1,45
Soude	traces
Sesquioxyde de fer	0,41
Sesquioxyde de chrome	traces
Alumine	2,27
Fer nickelé	12,62
Troïlite	5,01
Phosphore, carbone	traces
	101,40

L'analyse chimique d'une roche en général et d'une météorite en particulier, ne peut donner sur la composition vraie de cette roche ou de cette météorite que des notions très incomplètes. Il est impossible, en effet, d'en conclure avec quelque probabilité la nature des espèces minéralogiques dont le mélange constitue la masse à l'étude. Aussi doit-on tenter par tous les moyens dont on peut disposer la séparation directe de ces espèces minéralogiques.

C'est ce que j'ai fait pour la masse de Decsa en distinguant, bien entendu, comme précédemment, ce qui se rapporte à la matière métallique générale et à la substance picrreuse.

Partie métallique. — Dans l'analyse minéralogique de la substance métallique, j'ai eu recours à diverses méthodes dont j'ai eu l'occasion de décrire plus haut les détails[1].

J'ai commencé par isoler le fer nickclé. Pour cela, un peu de la matière métallique étant réduite en poudre fine au moyen d'une lime très dure, je l'ai projetée dans de la potasse caustique, maintenue en fusion dans un creuset d'argent. La troïlite et la schreibersite qui accompagnaient le fer nickelé ont été ainsi décomposées, et il a été très facile, par un simple lavage, de se débarrasser des produits très légers de leur décomposition.

Cela fait, et la limaille étant, après refroidissement, purifiée de toute potasse, elle fut lavée à l'acide azotique fumant dans lequel on la fit même quelque peu chauffer. Un peu de carbone qui l'accompagnait fut ainsi en grande partie oxydé et surtout la surface de chaque grain métallique devint bien nette de toute impureté, ce qui était nécessaire pour la suite de l'opération.

En effet, il ne suffisait pas d'avoir le fer nickclé parfaitement pur, il était indispensable de séparer les divers alliages dont il pouvait n'être que le mélange.

Dans ce but, la limaille fut placée sur une lame d'acier et chauffée très lentement et très uniformément au contact de l'air. J'eus soin de mettre, comme repère, sur la plaque d'acier, une très petite lame polie du fer de Caille.

Celle-ci, à un certain moment, se colora d'une manière très vive et montra la

1. *Annales de chimie et de physique* (4e série, t. XVII, p. 5).

belle figure caractéristique de notre fer français : sur un fond uniformément bleu se détachaient de longues baguettes d'un jaune doré : le métal bleu est la kamacite ($Fe^{14}Ni$), le fer jaune est la tænite ($Fe^{6}Ni$.). Dès que ces colorations commencèrent à apparaître j'arrêtai l'expérience et j'examinai la limaille.

Elle était presque entièrement colorée en violet ; cependant on distinguait, mais seulement çà et là et au prix de beaucoup d'attention, quelques grains jaunâtres. De là résultait que sauf ces grains, trop rares pour être étudiés et qui consistent probablement en tænite, le fer de Deesa ne renferme qu'un seul alliage. On se rappelle que précédemment la mosaïque dessinée sur une plaque polie au moyen d'un acide, n'avait pas été reproduite au moyen de l'irisation.

Restait à connaître la composition de cet alliage. J'en fis une analyse qui me donna, pour 100 parties :

Fer	91,4
Nickel	7,2
	98,6

c'est-à-dire presque exactement les nombres exigés par la formule de la kamacite. Je montrerai cependant tout à l'heure que l'on peut aussi interpréter ce résultat d'une autre manière.

Quoi qu'il en soit, je rappellerai que, dans l'analyse citée plus haut, M. Domeyko a obtenu pour la proportion relative du fer et du nickel :

Fer.	87,17
Nickel	8,75
	95,92

Ou, sur 100 parties :

Fer	91,4
Nickel	8,6
	100,0

c'est-à-dire des nombres dont les miens s'écartent fort peu.

La composition du fer nickelé étant ainsi déterminée, je préparai la troïlite à l'état de pureté, et j'eus recours dans ce but à un petit nodule sulfuré qui se trouvait situé très près du bord de l'échantillon. Je le purifiai des matières étrangères auxquelles il pouvait être mêlé.

Le fer nickelé fut enlevé par une dissolution concentrée de sulfate de cuivre dans laquelle le sulfure fut mis à bouillir. Le cuivre métallique précipité fut enlevé après refroidissement par un lavage très rapide à l'acide azotique fumant auquel on ne laissa pas le temps d'attaquer la troïlite d'une manière appréciable. Le sulfure ne contenant pas, comme je m'en assurai, de graphite ni de schreibersite, je cherchai, malgré la très faible quantité dont je disposais, à l'analyser, afin de savoir si j'avais réellement affaire à la troïlite et non à quelque autre sulfure. Cependant, malgré le soin que j'apportai à ce travail, je ne pus doser que le fer, dont la proportion (y compris du nickel dont je constatai très nettement la présence) s'élève à 58 pour 100.

Bien que je dusse, par suite d'un accident, évaluer le soufre par différence, je constate que mes résultats concordent avec ceux que la formule $(Fe,Ni)^7S^8$ de la pyrrhotine exige :

	Trouvé	*Calculé*
Fer et nickel	58	60,4
Soufre (par diff.)	42	39,6
	100	100,0

La solution, dans l'acide chlorhydrique étendu, de la troïlite non purifiée du fer de Deesa, donne, je dois le rappeler, de petits grains lithoïdes brillants qui paraissent consister en un silicate de magnésie attaquable par les acides concentrés.

La schreibersite, ou phosphure double de fer et de nickel, est abondante dans le fer de Deesa. On l'obtient de suite en dissolvant le fer dans l'acide chlorhydrique; il n'y a qu'à le débarrasser, à l'aide de la lévigation, d'un peu de graphite qui s'y trouve mélangé.

Elle apparaît en petites baguettes extrêmement brillantes, mais qui ne présentent pas de formes cristallines nettes.

M. Domeyko donne, pour sa composition, les nombres suivants :

Fer	65,00
Nickel	26,30
Phosphore	8,70
	100,00

qui ne concordent pas du tout avec la formule Fe^4Ni^2Ph, admise pour le phosphure météoritique.

Pensant que ce résultat pouvait provenir de ce que le chimiste chilien n'avait pas absolument privé la scheibersite du fer nickelé qui l'accompagne, je fis de mon côté l'analyse du minéral en question.

Je trouvai :

Fer	60,00
Nickel	26,75
Phosphore	10,29
	97,04

Ces résultats ne satisfont pas non plus à la formule en question, bien qu'ils s'en rapprochent beaucoup plus, et il y aurait lieu de chercher s'il n'y a vraiment là qu'un seul phosphure et non pas plusieurs espèces mélangées. J'avais trop peu de matière pour décider cette question.

Outre ces diverses substances, la matière métallique du fer de Deesa me donna une très petite quatité d'une matière noire, ayant toutes les propriétés du graphite et sur laquelle je n'ai pas à m'arrêter.

Partie pierreuse. — Comme on a vu, l'analyse chimique sépare la partie pierreuse en :

Silicate attaquable	40,82
Silicate inattaquable	41,55
Fer nickelé	12,62
Troïlite	5,01
Fer chromé	traces
Phosphure métallique	traces
Graphite	traces
	100,00

Mais il y a lieu de déterminer la nature de ces divers silicates attaquables et inattaquables, c'est-à-dire de reconnaître à quelles espèces ils appartiennent.

Je suis convaincu que la matière attaquable consiste en un sillicate unique : on a vu que sa composition concorde sensiblement avec celle du péridot.

L'étude physique et minéralogique de cette substance est fort difficile. Elle est comme dissimulée dans la masse, malgré sa proportion considérable, et dans nulle partie on ne lui voit de forme cristalline. Il est vrai que j'ai dû me borner à examiner la matière silicatée sous le microscope, après l'avoir réduite en poudre. La petitesse des fragments dont je disposais ne m'a pas permis d'en débiter une lame transparente.

Quant aux silicates inattaquables, leur étude a été plus complète. Ils se présentent, suivant les points, sous trois aspects bien différents et qui portent à les rapporter à trois espèces distinctes.

Deux de ces trois silicates sont assez abondants et ont été analysés; le troisième, beaucoup plus remarquable par ses caractères extérieurs, n'a pas pu être déterminé par les moyens chimiques.

Le plus apparent est lamellaire; sa couleur d'un brun noirâtre et son éclat lui donnent beaucoup d'analogie d'aspect avec certaines variétés d'hypersthène. Il s'en rapproche d'une manière complète au point de vue de la composition.

Voici, en effet, sur 100 parties, les résultats que m'a donnés son analyse :

Silice	51,61
Magnésie	16,05
Protoxyde de fer	24,54
Chaux	3,68
Alumine	7,36
	103,24

La densité de cette matière est égale à 3,35.

La seconde substance est blanche et grenue; elle a donné à l'analyse des nombres qui doivent la faire considérer comme un pyroxène essentiellement magnésien. Voici mes résultats :

Silice	55,76
Magnésie	41,85
Chaux	3,89
	101,50

Dans l'échantillon de Deesa que j'ai étudié, il y avait en poids à peu près 1 partie de ce silicate pour 3 parties du précédent.

Enfin, la troisième espèce minérale inattaquable offre des caractères tout spéciaux, qui me l'ont fait considérer un moment comme une espèce nouvelle et que j'ai en conséquence désignée sous un nom nouveau, celui de *Victorite*. D'après l'examen qu'en a bien voulu faire M. Des Cloizeaux, elle constitue la variété limpide de l'enstatite cristallisée.

On sait que l'enstatite, découverte par M. Kenngott, est si rare que pendant bien longtemps, ni le Muséum, ni l'École des Mines n'en ont possédé de cristaux. Je dois dire qu'à l'époque où j'étudiais cette matière dans le fer de Deesa, M. de Lang avait déjà observé, à mon insu, dans la météorite de Breitenbach, des cristaux verts très compliqués de forme qui se rapportent aussi à l'enstatite.

En examinant une petite masse du minéral qui vient d'être comparé à l'hypersthène, je découvris dans son intérieur une géode de plus de 5 millimètres de diamètre entièrement tapissée d'aiguille hyalines, absolument transparentes et incolores.

Ces aiguilles ont $0^{mm},3$ de longueur moyenne de $0^{mm},07$ environ de grosseur. Observées sous le microscope, à un grossissement convenable, elles apparaissent comme des prismes à six pans terminés par une pyramide à quatre faces.

Ces prismes sont, en général, un peu fissurés; quelquefois on y observe un certain nombre de lignes parallèles entre elles, très écartées, perpendiculaires à l'axe, comme si elles indiquaient un clivage.

La substance, malgré la netteté de sa cristallisation, n'est pas toujours absolument pure. On voit, dans quelques échantillons, de très petits grains noirs opaques disséminés de toutes parts; çà et là paraissent exister des bulles et des gouttelettes, analogues sans doute à celles que M. Sorby a décrites dans le travail bien connu qu'il a inséré dans les *Proceedings of the Royal Society* du 16 juin 1864.

Comme je l'ai dit, M. Des Cloizeaux a bien voulu mesurer les angles des aiguilles que je décris : je suis heureux d'exprimer publiquement ma vive reconnaissance au célèbre cristallographe.

J'ai donné précédemment les résultats goniométriques obtenus :

Je dois signaler comme un caractère remarquable des prismes de victorite, la tendance qu'ils ont de se grouper bout à bout, de façon à produire un ensemble dont l'aspect est celui d'un *chapelet*. J'ai isolé, et je conserve un échantillon, qui se compose de trois prismes ainsi articulés bout à bout. Ce groupement est très rare chez les minéraux; un échantillon de quartz de la collection minéralogique du Muséum le présente, mais à un faible degré.

On ne peut s'empêcher de constater combien le fait d'une cristallisation si nette de la matière pierreuse de la météorite de Deesa contraste avec l'état de confusion signalé précédemment dans la matière métallique. On verra plus loin comment cette circonstance s'explique de la manière la plus simple.

La matière pierreuse que nous étudions renferme, comme je l'ai dit, outre les silicates, du fer nickelé, de la pyrrhotine, du graphite et des traces de schreibersite et de fer chromé. Je n'ai pas cru nécessaire de soumettre à l'analyse ces diverses substances, dont la nature était parfaitement déterminée.

En résumé, la météorite de Deesa renferme à l'état de mélange les onze espèces minérales suivantes :

1° Kamacite ;
2° Tænite (?) ;
3° Pyrrhotine ;
4° Schreibersite ;
5° Graphite ;
6° Péridot ;
7° Hypersthène ;
8° Pyroxène très magnésien ;
9° Enstatite incolore (Victorite) ;
10° Grains silicatés non déterminés (dans la pyrrhotine) ;
11° Fer chromé (?).

18e TYPE.

RITTERSGRUNITE. (STAN. MEUN.)

Roche formée par l'enchevêtrement d'un double réseau, l'un métallique et l'autre pierreux : — *Densité* 2,50 (Rumler) ; — *Composition minéralogique :* le métal contient de la kamacite et de la tænite ; la pierre est formée de bronzite mélangée à du quartz de la variété asmanite.

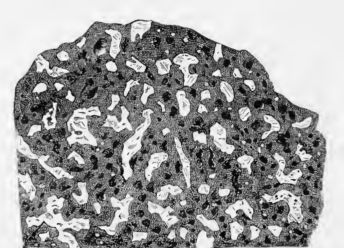


Fig. 40. — Rittersgrunite découverte en 1861 à Rittersgrun (Saxe).

Chute principale :
1751. Breitenbach, Bohème.
1751. Rittersgrun, Saxe.

Bien que ces masses portent des noms différents il est probable qu'elles proviennent d'une seule et même chute.

Rittersgrun. — Le fer de Rittersgrun se compose, comme celui de Pallas, de fer et de péridot.

L'analyse du minéral pierreux a été faite par M. Stromeyer, qui lui a trouvé pour densité 3,27 et pour composition[1] :

Silice	61,88
Protoxyde de fer	9,12
Sesquioxyde de manganèse	9,31
Magnésie	25,83
Sesquioxyde de chrome	0,33
Perte au feu	9,45
	97,92

Tous ces caractères se rapprochent beaucoup, comme on voit, de ceux des lithosidérites précédentes, mais une section plane, pratiquée dans la masse, suivant une direction quelconque, montre qu'à l'inverse du fer de Pallas, le fer paraît constituer des grains plus ou moins gros et tuberculeux, empâtés dans une gangue silicatée : telle n'est pas cependant sa composition véritable.

Rumler a trouvé pour la densité du métal le nombre 7,507[2].

Howard en fait le premier l'analyse du fer; voici ses résultats :

Fer	80
Nickel	20

En 1862, M. Rube a publié des chiffres fort différents[3] :

Fer	87,13
Nickel	9,65
Cobalt	0,58
Magnésie	0,15
Chaux	0,25
Silice	0,98
Phosphore	1,37
	100,09

Breitenbach. — M. Maskelyne a publié sur la météorite de Breitenbach un travail du plus haut intérêt[4].

On trouve dans la masse métallique de la troïlite, un peu de schreibersite et de la chromite en petite quantité, dont M. Maskelyne cite un petit cristal en octaèdre régulier.

1. *Poggendorff's Annalen*, 4e année, p. 196.
2. D'après le même auteur, un échantillon de ce fer conservé dans la collection de Stieglitz sous le nom de *fer de Norwège*, pesait 6,886.
3. *Berg. und Huttenmänn. Zeitung*, année 1862, p. 72.
4. *Proceedings of the Royal Society of London*. 9 octobre 1869.

Le fer nickelé, disposé en forme d'éponge, a donné :

	I	II	Moyenne
Fer	89,975	90,878	90,426
Nickel.	9,642	8,927	9,284
Cobalt	0,383	0,195	0,290
Cuivre	traces	traces	traces
	100,000	100,000	100,000

M. Maskelyne a cherché les rapports d'équivalents entre ces métaux, et il a trouvé que le fer est à l'ensemble du nickel et du cobalt comme 10 est à 1. Mais on ne saurait rien en conclure, car le métal est manifestement composé d'alliages distincts.

Le même chimiste a étudié la partie pierreuse. L'énorme proportion de silice signalée par Stromeyer dans le fer de Rittergrun, ainsi qu'on l'a dit plus haut, était bien faite pour fixer l'attention, et l'ancien auteur pensait l'expliquer en admettant dans la masse qu'il étudiait la présence d'un trisilicate de magnésie. C'est une question qui a préoccupé M. Maskelyne.

En traitant pendant quelques heures la météorite par une solution de bichlorure de mercure à 100°, le fer et la troïlite se dissolvent et le magma pierreux reste inattaqué ; il a perdu sa structure primitive et offre au triage des grains appartenant à trois espèces distinctes : 1° un minéral verdâtre ou brunâtre, très fortement cristallin, consistant en enstatite (bronzite) ; 2° des grains parfois incolores, plus souvent bruns et parfois presque noirs, d'un minéral cristallin mais n'offrant des faces cristallines que d'une manière tout à fait exceptionnelle (c'est une variété spéciale de silice, différente de la tridymite) ; 3° des grains cristallins de chromite.

La *bronzite* a été soumise à des analyses par M. Maskelyne, qui a trouvé (en moyenne) :

Silice.	56,051
Magnésie.	30,847
Protoxyde de fer.	13,459
	100,357

ce qui correspond presque exactement à la formule de la bronzite. Sa densité est égale à 3,238 et sa dureté à 6.

M. V. de Lang a soumis les grains à une étude cristallographique[1].

On a déjà vu que le minéral associé avec la bronzite dans la météorite de Breitenbach consiste en silice libre. Elle possède une densité moindre que celle du cristal de roche et analogue à celle que possède le quartz après sa fusion. Elle est cristallisée dans des formes qui appartiennent au système orthorhombique. A ce minéral, qui est distinct par ses formes de la tridymite de M. de Rath, l'auteur propose de donner le nom d'*asmanite*, A'sman étant le terme sanscrit (correspondant au grec ἄσμων) pour désigner la foudre d'Indra.

1. *Bericht der Akademie der Wissenschaft zu Wien*, volume 59, p. 848.

L'asmanite constitue environ le tiers du mélange des matériaux pierreux de la météorite. Les grains sont mêlés à ceux de la bronzite après qu'on s'est débarrassé du fer, de la troïlite et de la chromite. Ils sont très petits, fort arrondis et presque entièrement cristallins ; ils sont rarement pourvus de faces permettant un examen goniométrique. Parmi plusieurs milliers de ces grains examinés sous la loupe, il fut à peine possible d'en trouver une douzaine avec des caractères cristallographiques suffisants. Dans plusieurs, cependant, les axes optiques purent être distingués, quand on en fit l'examen dans le microscope polarisant, et par ce moyen les angles donnés par les plans appartenant aux zones, autrement trop incomplets pour un résultat définitif, furent comparés sur différents cristaux.

M. Maskelyne a analysé l'asmanite de Breitenbach. Voici ses résultats :

	I	II
Acide silicique	97,450	99,21
Oxyde de fer	1,124	0,79
Chaux	0,578	
Magnésie	1,509	
	100,041	100,000

Il est intéressant de noter que dès 1845, Partsch à la page 95 de son ouvrage intitulé : *Die Meteoriten im k.k. Hof-Mineralien Kabinette*, rapporte à la météorite de Steinbach un fragment étiqueté : *Gediegenes, zahnicht und zackicht gewachsenes Eisen mit kornichtem Quartz und gelblichtem Flusspath*, c'est-à-dire : fer natif dentelé et haché avec *quartz en grains* et fluorine jaune.

« Le caractère arrondi de l'asmanite, qui lui est commun avec son compagnon la bronzite, suggère à première vue, dit M. Maskelyne, l'idée qu'un échauffement subit et intense que la masse a dû subir dans sa course rapide à travers l'atmosphère, a fondu, ou du moins ramolli, les surfaces des deux minéraux. La facile conductibilité de cette chaleur dans l'intérieur de la météorite, à laquelle les pierres aérolithiques ordinaires opposent plus de résistance, vu leur faible conductibilité, doit, dans le cas de la syssidère où le fer forme une masse continue et spongieuse, être grandement facilitée par la conductibilité du métal. Cette vue est appuyée par la fragilité extraordinaire des surfaces de quelques-uns des échantillons arrondis les plus volumineux, qui souvent, par le contact le plus délicat, volent en fragments, une sorte de croûte très fragile les enveloppant de toutes parts. La portion interne est bien moins fragile et quelquefois présente une surface cristalline irrégulière avec un clivage assez net. Et pourtant il semble difficile de concilier cette explication des formes arrondies avec l'intégrité cristalline des grains entiers que le microscope polarisant rend évidente. »

19ᵉ TYPE.

LOGRONITE. (Stan. Meun.)

Roche formée de minéraux lithoïdes très dominants, renfermant des grenailles très grosses et très abondantes de fer ; le tout étant traversé par un fin réseau

métallique. La partie pierreuse est très cristalline et dans beaucoup de régions constituée par des lamelles fort brillantes. La partie métallique est également très cristalline. La roche prend très bien le poli. — *Densité* : 5,64 (Domeyko). — *Composition minéralogique :* Les grains de fer paraissent formés surtout de kamacite et de tænite. On y trouve de la schreibersite. La pierre résulte du mélange d'un minéral voisin du péridot avec un silicate plus acide analogue au pyroxène.

Chutes principales.

1842, 4 juillet, Barea, Logrono, Espagne.
1856, — Hainholz, Paderborn, Minden, Westphalie.
1860, — Newton C°, Arkansas, États-Unis.
1862, — Sierra de Chaco, ravin de Vaca Muerta, Atacama, Bolivie.
1879, 10 mai, Estherville, Emmet C°, Iowa, États-Unis.
1880, février, Veramine, Téhéran, Perse.
1877, — Passe de Janacera, Atacama, Bolivie.

La logronite a été généralement considérée comme une sporadosidère, parce qu'on y trouve des *grenailles métalliques*, souvent très grosses, évidemment *disséminées* dans la roche. Mais on va voir que la logronite contient d'une manière essentielle un réseau de fer continu.

A première vue, le type *logronite* admet trois *sous-types* répondant à :

1° { Barea; Sierra de Chaco; Janacera.
2° Estherville.
3° { Newton C°; Hainholz; Veramine.

Ces trois sous-types sont caractérisés surtout par la *grosseur* de leurs éléments constituants, ce qui modifie leur aspect; mais je me suis attaché, sans succès, à trouver entre eux des différences de constitution. D'ailleurs, certains échantillons de Sierra de Chaco peuvent servir d'intermédiaire entre ces trois formes.

Barea (Logrono). — Nous commençons notre énumération par la météorite de Barea, parce que c'est la plus anciennement connue du type. Chose digne de remarque, sa chute sur le sol a eu de nombreux témoins, et c'était la première fois pour une syssidère. L'événement a eu lieu le 4 juillet 1842 dans le village de Barea, province de Logrono (Espagne).

L'identité de cette météorite, dont le poids total était de 2^{k},211^{gr}, avec celle de la Sierra de Chaco, est absolue, autant du moins que m'a permis d'en juger le peu de substance dont j'ai disposé. Je crois inutile de faire ici une description spéciale des deux petits échantillons conservés au Muséum.

Sierra de Chaco. — La portion métallique de la météorite de la Sierra de Chaco se divise, à première vue, en deux sortes d'éléments[1] :



Fig. 41. — Logronite découverte en 1862 dans la sierra de Chaco (Bolivie). Surface polie : grandeur naturelle.

1° Les uns sont en grains relativement volumineux et tout à fait arrondis. On y reconnaît la présence des deux fers nickelés que nous avons décrits plus haut sous les noms de kamacite et de tænite. Dans quelques points apparaît le sulfure de fer nickélifère, dit pyrrhotine, qui se présente en petits grains ronds résultant visiblement de la section de rognons cylindroïdes, pareils, sauf pour la taille, aux canons sulfurés des fers météoriques.

2° Les autres éléments métalliques sont beaucoup plus petits, allongés et réunis entre eux sous une forme vasculaire. Ils constituent comme le ciment qui relie les divers matériaux composant la brèche polygénique qui nous occupe. D'ailleurs, si leur structure les distingue des grains précédemment décrits, leur composition les en rapproche beaucoup. La kamacite et la tænite en sont les éléments minéralogiques les plus importants. La pyrrhotine leur est associée en quantité considérable et constitue, par places, le réseau presque seule. Sa nuance jaune de laiton est un peu différente de la nuance la plus commune de ce minéral et indique peut-être le mélange avec un peu de millérite ou sulfure de nickel.

L'analyse chimique indique très nettement la présence du phosphore qui est probablement contenu à l'état de schreibersite ou phosphure double de fer et de nickel avec magnésium.

1 Stanislas Meunier. *Comptes rendus*, LXXX, p. 1097, 2 déc. 1872.

J'ai trouvé dans le réseau métallique :

Fer.	92
Nickel	7,8
	99,8

nombres assez différents de ceux que M. Domeyko a donnés pour l'ensemble des grenailles métalliques de la météorite.

M. Domeyko[1] a décrit avec soin diverses particularités de forme du fer nickelé de la Sierra de Chaco. Il a séparé « une lame de plus de 1 centimètre carré de ce fer de la surface d'un aérolithe, et une petite lame excessivement mince qui s'est trouvée engagée entre les lames de la substance vitreuse » (péridot).

Son analyse lui a fourni :

	I	II	III
Fer	88,9	88,2	88,8
Nickel.	11,1	11,8	11,2
	100,0	100,0	100,0

Les grenailles allongées de fer nickelé sont en certains points mélangées à du fer oxydulé, comme M. Domeyko l'avait déjà remarqué.

M. Domeyko distingue dans la partie lithoïde deux matières distinctes :

La *masse principale lithoïde* dont il a fait l'analyse élémentaire, laquelle n'a conduit à aucune formule à cause de sa nature complexe et qu'il considère comme résultant de la réunion d'un *trisilicate de fer* et de *magnésie*, inattaquable aux acides, et d'un silico-aluminate attaquable;

La *substance silicatée vitreuse, lamellaire*, où il a trouvé tous les caractères physiques de la composition chimique du *péridot olivine*.

J'ai repris l'étude de cette substance, et voici les résultats auxquels je suis arrivé :

La partie lithoïde de la météorite de Sierra de Chaco comprend quatre sortes principales de fragments. Tous sont de formes essentiellement irrégulières, arrondies, ou au moins émoussées :

1° Les plus volumineux, et en même temps les plus nombreux, sont noirâtres et très cristallins. Ils sont susceptibles d'un très beau poli qui révèle leur nature complexe et leur structure très remarquable. On constate nettement qu'ils consistent dans le mélange de deux substances, différant entre elles par la couleur et par le poli. L'une d'elles constitue comme des îlots souvent très découpés au milieu de l'autre, qui n'occupe pas une surface plus grande que la première. Pour bien distinguer les deux substances l'une de l'autre, il est bon d'observer l'échantillon sous une incidence très grande, sous un jour rasant. Dans toutes les deux on aperçoit de très petites grenailles métalliques, mais dans l'une, le fer est en petits filaments, tandis que dans l'autre il se présente en grains sphéroïdaux extrêmement fins. L'analyse chimique d'un fragment de ce premier genre m'a montré qu'il était formé par l'association du péridot ferrifère avec un pyroxène contenant de la chaux.

2° La roche qui constitue la deuxième sorte de fragments est grenue et partiel-

1. *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 551, 1865.

lement attaquable aux acides. Ces fragments sont d'un gris verdâtre dans la région interne, mais toute leur périphérie est noirâtre. On y voit de très fines grenailles métalliques, surtout abondantes dans la région externe qui vient d'être citée. La portion attaquable de ces fragments offre la constitution du péridot, mais le résidu ne m'a pas paru avoir une composition cadrant absolument avec la formule du pyroxène. La réaction très nette de l'alumine pourrait faire penser à la présence de minéraux feldspathiques. D'ailleurs, il ne faut pas oublier que les essais n'ont pu être faits que sur de très petites quantités de matière et qu'il est très difficile d'obtenir un triage parfait.

3° On remarque tout de suite de gros fragments d'un troisième genre, identiques à ceux qui ont été signalés comme faisant partie du fer de Brahin. Ces fragments sont essentiellement formés de péridot lamellaire fendillé suivant les plans de clivage, et leurs fissures renferment souvent des filaments longs et fort déliés de fers nickelés. Comme les précédents, ils sont enveloppés d'une zone noirâtre, riche en très fines grenailles métalliques.

4° Enfin, mais beaucoup plus rarement, on observe des fragments blanchâtres et spathiques qui m'ont paru très peu attaquables, et en attendant une analyse complète, je suis porté, d'après diverses réactions, à les considérer comme étant de nature pyroxénique[1].

Janacera. — Le Muséum ne possède qu'un petit échantillon de 2 grammes de cette météorite. Il suffit d'ailleurs pour montrer une telle ressemblance avec la Sierra de Chaco que, jusqu'à nouvel ordre, il semble probable qu'il s'agit d'une seule et même chute.

C'est Lawrence Smith qui a donné au Muséum, en mai 1879, cet échantillon. Il consiste en un petit éclat dont la structure est assez uniforme, dépourvue de grosses grenailles. On y reconnaît très nettement des lames de clivage péridotique.

D'après Joy[2], la météorite de Janacera est formée de :

Silicates	56,77
Fer nickelé	36,87
Fer sulfuré	5,43
Fer chromé	1,10
	100,17

Les silicates renferment :

Silice	57,28
Protoxyde de fer	23,00
Magnésie	11,84
Chaux	2,47
Alumine	5,41
	100,00

1. Cette description a été écrite en 1872. Le minéral spathique a été retrouvé très postérieurement par Lawrence Smith dans la roche d'Estherville, à un état d'abondance compatible avec une analyse complète. C'est lui que le chimiste américain a qualifié de *peckhamite*. Sa présence dans Sierra de Chaco et dans Barea est importante au point de vue des identifications lithologiques.

2. *Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXVII, p. 243.

La quantité de silice est ici trop grande pour qu'il n'y ait qu'un mélange de quartz et de bisilicate. M. Rammelsberg[1] se demande s'il n'y aurait pas dans Janacera comme dans Breitenbach un excès de silice libre.

Le réseau métallique renferme :

Fer.	87,43
Nickel	10,54
Cobalt	1,67
Cuivre (avec étain)	0,13
Phosphore	0,23
	100,00

Hainholz. — Voici une météorite dont la date de chute est inconnue et qui présente avec les masses de la Sierra de Chaco une très étroite analogie. La structure est la même et les minéraux essentiels sont les mêmes.

La densité de la masse est variable d'un point à l'autre, suivant la proportion relative du fer et de la pierre. J'ai trouvé 5,01 pour un échantillon. Wöhler a publié le chiffre 4.61[2].

Newton County. — La première mention de cette météorite fut faite en 1860 par le professeur Cox, occupé à exécuter le relevé géologique de l'Arkansas. Le bloc est toujours dans son gisement, et seul un fragment fut détaché de l'un des angles et remis à Lawrence Smith : il pesait 22 onces $^1/_2$.

La portion métallique, dont la structure générale est rigoureusement celle observée déjà dans la météorite de la Sierra de Chaco, consiste en alliages de fer et de nickel, au nombre de deux au moins, mélangés à du fer chromé, parfois cristallin, et à des traces de pyrrhotine. Malgré sa nature complexe, Smith l'a soumis à l'analyse totale et il a trouvé[3] :

Fer	91,23
Nickel.	7,21
Cobalt.	0,71
Cuivre et phosphore	traces
	99,15

La matière pierreuse est éminemment cristalline et il est facile de séparer quelques-uns des minéraux constituants pour les soumettre à l'examen. En brisant la roche pour en séparer les parties magnétiques, on l'obtient à l'état de grains irréguliers variant de 2 à 3 décigrammes jusqu'à de la fine poussière.

La densité mesurée en diverses régions est comprise entre 4,5 et 6,1.

De la partie lithoïde on extrait facilement du péridot et un minéral plus acide.

1. *Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1879, p. 96.
2. *Poggendorff's Annalen*, t. CX, p. 342.
3. *Mineralogy and Chemistry*, p. 339.

Le péridot donne à l'analyse :

Silice.	42,02
Alumine.	0,46
Protoxyde de fer.	12,08
Magnésie.	47,25
	101,81

On y reconnaît en outre de faibles quantités de manganèse.

Smith considère le minéral acide comme se rapportant à l'amphibole. Il y a rouvé en effet :

Silice.	52,10
Alumine	1,02
Protoxyde de fer.	16,49
Protoxyde de manganèse.	1,25
Magnésie	29,81
Alcalis (potasse, soude, lithine).	0,24
	100,91

On y observe deux clivages dont un beaucoup plus facile que l'autre.

Estherville. — Les météorites d'Estherville tombées devant de nouveaux témoins, le 10 mai 1879, sont brutes [1] et noduleuses et présentent, de toutes parts, des protubérances irrégulières formant de fortes saillies. La croûte noire n'est pas uniforme et offre bien plus d'épaisseur dans les concavités situées entre les protubérances, lesquelles jouissent très souvent d'un brillant métallique non altéré qui trahit leur nature ferreuse.

La densité de ces météorites varie, suivant les points, et égale au moins en moyenne 4,5.

De grands nodules de métal sont mélangés avec des minéraux pierreux. « Cette météorite est unique, dit Smith, différant entièrement des météorites hétérogènes de Pallas d'Atacama et des autres pierres riches en fer qui s'en rapprochent au premier abord. » Nous allons revenir sur ce point.

Sur une surface polie, au travers des nodules, les acides donnent les figures de Widmansttetten magnifiquement développées.

L'analyse a révélé dans le métal.

Fer.	92,00
Nickel	7,10
Cobalt	0,69
Cuivre	très faible quantité
Phosphore	0,112
	99,902

On reconnaît aussi, à première vue, la présence dans les échantillons d'un minéral d'un vert olive, remarquable par son clivage net. Il est facile et en morceaux à con-

1. Lawrence Smith. *Comptes rendus*, t. XC, p. 959.

tours fragmentaires de 0m,01 à 0m,05; ce minéral vert est irrégulièrement disséminé dans une matière pierreuse grise finement grenue.

La partie pierreuse, pulvérisée et débarrassée aussi exactement que possible du fer métallique à l'aide de l'aimant, se divisa après plusieurs heures, sous l'action de l'acide chlorhydrique étendu et chaud, en une partie soluble et en une partie

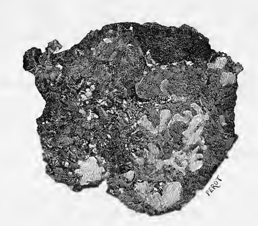


Fig. 42 — Logronite tombée le 10 mai 1879 à Estherville (Emmet County, Iowa). Surface polie. Grandeur naturelle.

insoluble. La proportion relative de ces deux parties est d'ailleurs très variable, puisque la partie soluble représente tantôt 16 pour 100 et tantôt 60 pour 100.

Dans la partie soluble, la chaux fait absolument défaut, circonstance qui indique l'absence de l'anorthite.

La partie insoluble, soigneusement analysée par la fusion avec le carbonate de soude, donna :

		Oxygène.	
Silice	54,12		29,12
Protoxyde de fer	21,05	4, 67	14,406
Magnésie	24,50	9, 80	
Soude avec traces de potasse et de lithine	0,09	0,025	
Oxyde de chrome	traces		
Alumine	0,03	0,013	
	99,75		

Les météorites qui nous occupent fournirent à Lawrence Smith la découverte d'un minéral nouveau[1] dans la substance qui, sur deux ou trois échantillons, fait saillie à la surface des pierres et tranche sur la nuance de la croûte fondue, par sa couleur jaune foncée. Une fois brisé, il montre un clivage assez facile, un aspect

1. *Comptes rendus*. t. XC, p. 1460.

gras et opalescent, et une couleur jaune verdâtre. Sa structure au microscope est nettement différente de celle de l'olivine.

La densité, prise sur $0^{gr},300$, a été trouvée de 3,23.

L'analyse exécutée sur deux échantillons a donné :

	I	II	Oxygène.
Silice.	49,60	49,59	25,73
Protoxyde de fer.	15,78	17,01	3,77
Magnésie	33,01	32,51	12,76
	98,79	99,11	

Des proportions relatives d'oxygène contenues dans la silice et dans les bases, on déduit très approximativement la formule :

$$\mathrm{SiR} + \frac{1}{2}\,(\mathrm{Si,2R}),$$

ou peut-être plus exactement :

$$2\mathrm{SiR} + \mathrm{Si,2R},$$

qui représente 2 atomes d'enstatite ou de bronzite unis à 1 atome d'olivine.

M. Smith applique à ce minéral le nom de *peckhamite*, en l'honneur du professeur Peckham.

La troïlite existe en très faible quantité. Lorsque de petits fragments sont chauffés quelque temps avec l'acide chlorhydrique, et qu'on lave et dessèche le résidu, on reconnaît aisément la présence de petites particules noires et brillantes qui consistent en fer chromé. L'alumine, dont on ne voit que des traces, a démontré clairement l'absence de tout feldspath.

Bien que divers chimistes se soient déjà occupés de l'analyse minéralogique des météorites d'Estherville, personne n'avait abordé l'étude vraiment géologique de ces masses si intéressantes. Préoccupé, comme on verra plus loin, de ce nouveau point de vue, j'ai dû nécessairement rechercher si la roche dont sont formées ces masses était nouvelle pour la science, ou si elle rentrait dans quelqu'un des types lithologiques déjà établis.

Le résultat de mes études, assez différent de ce qu'on serait autorisé à conclure des recherches de Lawrence Smith, est que la météorite d'Estherville appartient réellement au type logronite dans lequel je la range ici comme on voit.

A première vue cependant, la roche d'Estherville paraît différer nettement de la logronite type : elle est sensiblement moins foncée et les grenailles qui y sont disséminées présentent en général un volume plus considérable. Il résulte de ce dernier caractère que la masse donne l'idée d'une sporadosidère polysidère, et c'est l'opinion qu'on s'en fera à coup sûr d'après l'examen superficiel de la grosse masse de 50 kilogrammes exposée dans la galerie de géologie du Muséum. — Avec plus d'attention cependant il est facile de reconnaître qu'aux grains de fer plus ou moins tuberculaire sont associés de minces filaments métalliques qui les relient entre eux et qui constituent en beaucoup de points le vrai ciment des éléments lithoïdes. Ce caractère se représente d'ailleurs, comme on l'a vu, dans les météorites de Sierra de Chaco, de Logrono, etc.

Pour ce qui est de la nuance moins foncée d'Emmet County comparée à Logrono et à Sierra de Chaco, on peut croire qu'elle tient à ce que certaines matières colorantes infiltrées dans ces dernières n'ont pas eu le temps de prendre naissance dans la pierre récemment tombée. Quelques essais me portent à penser que ces matières dérivent par oxydation de matières cosmiques identiques à l'origine.

En lames minces, Emmet County, Logrono, Sierra de Chaco donnent les mêmes résultats, avec cette particularité que la transparence de la roche est d'autant moindre que le temps écoulé depuis la chute est plus grande.

Cet examen microscopique sur lequel ne paraît pas s'être arrêté M. Smith, offre des résultats intéressants. Les minéraux pierreux dominants d'Emmet sont :

1° L'olivine en très grands fragments donne dans la lumière polarisée des mosaïques colorées des plus brillantes. Ces cristaux, en lumière naturelle, sont parfaitement incolores souvent clivés et contiennent des inclusions, cristallines très nombreuses. On y voit aussi des bulles liquides dans des cavités sphéroïdales remarquables par leurs grandes dimensions.

En lumière convergente ces cristaux donnent deux systèmes d'anneaux très brillants dont les axes sont très écartés.

2° La *bronzite* en cristaux mal terminés, très nettement dichroïques, offrant souvent des traces de clivages rectilignes parallèles entre eux, extrêmement nets.

3° Un minéral en grands cristaux peu colorés, constitués par des alternances de lames minces ayant des effets inverses les uns des autres sur la lumière polarisée. Le mode d'action des acides sur eux, en y déterminant l'apparition de très fines lignes attaquées parallèles entre elles, porterait à penser comme non invraisemblable qu'ils résultent du groupement de lamelles alternatives et extrêmement minces de bronzite et d'olivine, et cette supposition rendrait peut-être compte de l'analyse publiée par M. Smith et que nous venons de reproduire du minéral qu'il appelle peckhamite et que la météorite d'Estherville lui a fourni.

Selon le chimiste américain, ce minéral consisterait dans l'association de l'olivine avec la bronzite.

Un petit échantillon de peckhamite, donné au Muséum par M. Smith, permet d'observer les caractères du nouveau minéral, et je crois intéressant d'ajouter à cette occasion qu'un minéral grisâtre empâté dans l'échantillon, catalogué au Muséum sous le signe 2 Q. 414 de Sierra de Chaco et que j'avais remarqué depuis des années, paraît identique à cette peckhamite. C'est un lien de plus entre Estherville et Sierra de Chaco.

4° En poursuivant l'étude de la masse d'Estherville, j'y ai rencontré un grain de *pyrrhotine* où se voient deux faces du prisme, et c'est une nouvelle occasion d'insister sur l'erreur des personnes qui voient dans ce minéral, qu'ils appellent *troïlite*, du protosulfure de fer.

5° Dans le résidu de l'attaque par l'eau régale de la météorite d'Estherville j'ai reconnu très nettement la *schreibersite* dont la présence cependant n'a pas été observée par M. Smith.

6° On observe des octaèdres très nets de fer oxydulé.

Outre les grosses masses, la chute du 19 mai a fourni une abondance de petites météorites parfaitement complètes.

Celles-ci, résultant d'un concassement de la roche représentée par les blocs vo-

lumineux, diffèrent beaucoup entre elles : les unes sont de nature presque entièrement méalliques; d'autres sont entièrement pierreuses; beaucoup consistent dans le mélange de particules pierreuses et d'éléments métalliques.

Les premières ont une structure exactement semblable à celle des syssidères du type de Rittersgrun.

Les grains de fer sont d'ordinaire très malléables et donnent par les acides sur les surfaces polies de très belles figures de Widmanstætten. J'ai trouvé dans un échantillon que le nickel représentait 8 pour 100 de la masse.

Dans les échantillons à la fois métalliques et pierreux on remarque parfois que le fer constitue un réseau d'une finesse extrême, tout à fait comparable à celui de la météorite de Lodran.

Véramine. — Voici un troisième exemple de chute constatée de logronite. Il a eu lieu vers le 15 avril 1880. Jusqu'ici nous manquons de détails à son égard et l'échantillon dont nous disposons est trop petit pour permettre une étude complète.

3e DIVISION. — SPORADOSIDÈRES (Daub.) OU PIERRES MÉTÉORIQUES.

Nous arrivons à la troisième grande division des météorites, celle des sporadosidères. Quoique de beaucoup la plus nombreuse, elle peut cependant être étudiée plus rapidement que les précédentes, et cela surtout parce que les méthodes décrites précédemment leur sont en grande partie applicables et qu'elles fournissent des résultats analogues à ceux qui ont été signalés.

Les météorites pierreuses les plus fréquentes sont formées : 1° d'une masse lithoïde complexe résultant du mélange en proportion variable de divers silicates magnésiens, et 2° de grains disséminés, en général fort petits, dont les uns sont métalliques et consistent en fer nickelé, tandis que les autres sont constitués par du fer chromé (chromite) et par du sulfure de fer (pyrrhotine).

La partie lithoïde des météorites du type commun est manifestement formée de substances diverses. En effet, les acides ne l'attaquent que partiellement : ils décomposent des silicates dont la formule se rapproche toujours de celle du péridot et ils laissent intacts d'autres silicates de composition voisine de celle de l'amphibole ou du pyroxène.

Cette nature si complexe des météorites nécessite l'emploi d'une méthode spéciale d'analyse.

Voici en quoi consiste celle que j'ai suivie. Elle est analogue au procédé que Cloëz a recommandé :

La météorite à analyser est réduite, dans un mortier d'Abich, puis dans un mortier d'agathe, en poudre aussi fine que possible.

Il faut remarquer que, par suite de l'hétérogénéité de la substance, et surtout par suite de la présence de grains malléables, on ne saurait réaliser une véritable porphyrisation. La lixiviation et le tamisage doivent évidemment être exclus.

On pèse la poudre sèche, puis on la soumet à l'action d'un petit barreau aimanté : le fer nickélifère est ainsi enlevé, ainsi que, dans certains cas au moins, tout ou partie du sulfure de fer.

D'ordinaire, le fer ainsi trié est mêlé d'une certaine quantité de silicate interposé entre les grains magnétiques : un ou deux triages à l'aimant permettent de les séparer presque totalement; le reste est évalué par la pesée du résidu que laisse la dissolution des grenailles métalliques dans les acides faibles.

Dans quelques essais, et afin d'atteindre à un plus haut degré de précision, j'ai eu recours à la dissolution du fer dans l'iode et surtout dans le bichlorure de mercure. Ce procédé, sur lequel j'ai donné des détails à propos des fers météoriques, offre l'avantage de permettre de séparer le sulfure de fer du fer nickelé et de dissoudre directement celui-ci alors qu'il est mélangé dans une pierre sous forme de grains trop fins pour que l'usage de l'aimant soit possible.

Une fois la matière magnétique isolée et pesée, son analyse devient identique à celle des fers météoriques proprement dits : il n'y a donc pas lieu d'y insister ici. Cette analyse décèle, outre le fer, du nickel, du cobalt, du soufre et, quelquefois, du manganèse, du cuivre, de l'étain et du chrome, mais seulement en quantités très faibles.

Pour doser le sulfure, j'ai eu, suivant les cas, recours à deux procédés : le premier consiste à attaquer la matière magnétique par l'acide chlorhydrique et à recevoir l'hydrogène sulfuré dans une solution de nitrate de cuivre ou dans une solution de nitrate d'argent additionné d'ammoniaque; ces solutions étant placées dans des tubes de Liebig. Le second procédé consiste à oxyder la substance par l'eau régale et à doser le soufre à l'état de sulfate de baryte.

En général, les résultats donnés par cette seconde méthode sont plus forts que ceux fournis par la première, ce qui s'explique en admettant que le sulfure offre la composition de la pyrite magnétique, Fe^7S^8, et non celle du protosulfure FeS. Comme on l'a vu, je crois avoir démontré qu'en effet la formule de la troïlite des fers météoriques est conforme à celle de la pyrite magnétique, avec cette circonstance qu'elle renferme un peu de nickel qui manque parfois dans celle-ci.

L'analyse de la matière silicatée est conduite de la manière suivante : la poudre non magnétique pesée est abandonnée à une douce chaleur dans de l'acide chlorhydrique pur, peu concentré. On agite très fréquemment le mélange afin d'empêcher que la silice gélatineuse n'adhère aux parois de la capsule ou aux fragments non attaqués. Aucun signe certain ne peut indiquer qu'il ne reste plus dans la masse de silicate attaquable, et il faut laisser les matières en présence pendant un temps assez long (10 jours au moins) pour être certain que l'acide n'exerce plus d'action. Je me suis assuré de ce fait en isolant le résidu inattaqué après ce temps et en constatant qu'il reste intact quand on le met en présence des acides.

Quand l'attaque est ainsi terminée, le liquide est étendu d'eau, puis filtré : il contient tous les oxydes de la matière attaquable et un peu de silice. Le résidu bien lavé consiste en un mélange de silice gélatineuse et de silicates inattaquables; on le soumet à l'action d'une solution peu concentrée de potasse qui enlève la silice et le silicate inattaquable est lavé, desséché et pesé.

Après ces opérations, ce silicate est attaqué au creuset de platine, soit par le car-

bonate de soude, soit préférablement par le carbonate de chaux, suivant la méthode imaginée par M. Sainte-Claire Deville.

Je n'ai évidemment pas à insister sur ces opérations non plus que sur les dosages qui les suivent.

Depuis l'époque de mes travaux sur cette question, M. Maskelyne a fait connaître une méthode propre à l'analyse des silicates météoritiques qui ne font point gelée sous l'action de l'acide chlorhydrique [1].

Ce procédé suppose un appareil spécial qui consiste dans une cornue de platine de 30 centimètres cubes fermée avec un bouchon tubulé de même métal et dont le tube atteint presque le fond du vase. Au dehors, le tube reçoit à angle droit un second tube par lequel on peut conduire de l'hydrogène dans la cornue. Le tube vertical se ferme à volonté par un bouchon de platine ou par un entonnoir de ce métal ayant un orifice très étroit à son extrémité.

Du côté de la cornue, juste au-dessous de son col, un tube de dégagement est fixé, qui à l'aide d'une disposition spéciale aboutit sous le bouchon de liège ou de caoutchouc d'un tube à essai. Celui-ci contient 7,5 centimètres cubes ou 6,6 grammes d'ammoniaque concentrée d'une densité égale à 0,88.

Un tube à gaz fixé sur le côté de ce récepteur plonge dans un peu d'ammoniaque placée dans un second tube à essai, $0^{gr},2$ à $0^{gr},5$ du minéral à analyser sont placés dans la cornue avec une petite balle de platine; on lute le bouchon avec de la gutta-percha. L'entonnoir, rempli d'acide fluorhydrique parfaitement pur, est introduit dans le tube vertical, puis le robinet est ouvert. L'acide fluorhydrique qui pénètre alors dans la cornue contient environ 32 pour 100 d'hydrogène fluoré absolu, — c'est-à-dire que l'entonnoir débite $1^{gr},12$ d'acide capable de rendre gazeux $0^{gr},84$ de silice et de neutraliser $0^{gr},95$ d'ammoniaque. A ce moment l'entonnoir est remplacé par un petit bouchon de platine qu'on cimente à la gutta-percha. On fait traverser l'appareil par un courant très lent d'hydrogène pur, puis la cornue est abandonnée pendant 2 heures dans un bain-marie, à la température de 100°, et de temps à autre on l'agite pour faire rouler de son intérieur la petite balle métallique. Durant l'opération une trace seulement de fluorure de silicium se dégage.

On transporte alors la cornue dans un bain de paraffine et la température est augmentée progressivement. D'abord du fluorure de silicium se dégage et à ce moment de l'opération il faut redoubler d'attention pour prévenir par le courant d'hydrogène les absorptions d'ammoniaque. Vers 132°, pour le cas des silicates pyroxéniques du genre de ceux des météorites, la silice apparaît en flocons dans l'ammoniaque du récepteur, qui bientôt devient tout à fait nuageuse.

En huit minutes l'élévation du thermomètre à 145° a produit tant de fluorure de silicium que le contenu du tube était demi-solide.

La température est alors portée à 150°, puis la cornue est abandonnée au refroidissement.

On répète alors l'opération avec une nouvelle quantité d'acide fluorhydrique et d'ammoniaque. Si l'on n'a pas agi sur plus de $0^{gr},2$ de silicate, deux charges

1. *Proceedings of the Royal Society*, t. XVIII, p. 147 — 1870.

de la cornue sont suffisantes ; mais avec 0,5 grammes il faut quatre attaques successives. Dans tous les cas on doit continuer jusqu'à ce qu'il n'apparaisse plus de flocons de silice dans le récepteur.

A la fin, on met 0,75 centimètres cubes d'acide sulfurique dans la cornue et la température est de nouveau portée à 160°, le courant d'hydrogène étant toujours continué.

Les diverses charges d'ammoniaque sont réunies dans une capsule de platine où l'on place aussi les eaux de lavage des différents tubes, et le tout est lentement évaporé au bain-marie, en remuant constamment.

Au moment où, par suite de l'évaporation, la liqueur devient exactement neutre, la totalité de la silice se trouve en dissolution et l'on reconnaît ce moment fort aisément. Alors on ajoute du chlorure de potassium en léger excès, en même temps qu'un volume d'alcool absolu égal au volume de liquide contenu dans la capsule. Le fluosilicate de potassium se précipite et, après un laps de temps de 24 heures, on le filtre, on le lave à l'alcool, on le sèche et on le pèse. Les résultats sont très précis.

Dans la cornue se trouvent les bases à l'état de sulfates dont le traitement se fait par les méthodes ordinaires.

1re Sous-Division : POLYSIDÈRES (Daub.)

20e type.

TOULITE. (Stan. Meun.)

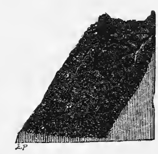


Fig. 43. — Toulite découverte en 1846 à Toula, en Russie. Surface polie ; grandeur naturelle.

Roche essentiellement bréchiforme constituée par la juxtaposition de fragments métalliques et de fragments pierreux, anguleux, les uns et les autres. Le fer est cristallin et prend très bien le poli. — *Densité :* du fer, 7,332 (de Haidinger) ; de la pierre, 4,153 (le même). — *Composition minéralogique :* Le fer dont l'analyse minéralogique n'a pas été faite paraît se rapprocher beaucoup de la burlingtonite. Il

renferme des quantités très sensibles de schreibersite et de fer chromé, ainsi que des traces de troïlite. La matière pierreuse paraît formée d'un mélange de péridot, de labrador et d'augite ; mais cette composition minéralogique est simplement déduite par le calcul de la composition élémentaire.

Chute principale :
1846. Toula, Netschaevo, Russie.

Toula. — La météorite découverte en 1846 à Toula, gouvernement de Netschaevo, en Russie, constitue, autant qu'on en peut juger d'après les échantillons des collections, une sorte de brèche, dont les fragments anguleux sont les uns pierreux et les autres métalliques.

La densité de cette météorite est, d'après de Haidinger, comprise entre 5,230 et 5,975 [1].

Son analyse a été faite par M. Auerbach [2]. Voici les nombres qu'il a obtenus :

Fer nickélifère	16,70
Fer chromé	0,11
Olivine	72,92
Labrador et augite?	10,21
Fer sulfuré	traces
	100,00

Le fer nickélifère, d'après le même chimiste, est formé de :

Fer	96,40
Nickel	2,64
Étain	0,07
Schreibersite	0,90
	100,00

2e Sous-Division : OLIGOSIDÈRES (Daub.)

21e type.

ERXLÉBÉNITE. (Stan. Meun.)

Roche grise, éminemment cristalline, à grains très fins, dure et prenant très bien le poli. — *Densité :* 3,6132 (Hausmann et Stromeyer) à 3,747 (Pisani). — *Composition minéralogique :* Cette roche résulte du mélange d'un silicate voisin du péridot avec un silicate analogue au pyroxène ou à l'amphibole. On y observe une assez grande quantité de fer nickelé, un peu de troïlite et de traces de fer chromé et de minéraux alumineux.

1 *Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschafften zu Wien*, t. XL, p. 561.
2. *Poggendorff's Annalen*, t. CXVIII, p. 363.

Chutes principales :
1492, 7 novembre, Ensisheim, Haut-Rhin, France.
1812, 15 avril, Erxleben, Magdebourg, Prusse.
1849, 31 octobre, Cabarras, Caroline du Nord, États-Unis.
1863, 8 août, Pillitsfer, Livonie, Russie.
1868, 22 décembre, Motecka-Nugla, Ghoardha, Bhurtpur, Inde.
1869, 23 mai, Kernouve, Cléguerec, Morbihan, France.
1869, 19 septembre, Tjabé, Java.



Fig. 44. — Erxlébénite tombée le 19 septembre 1869 à Tjabé (Java). Grandeur naturelle.

Ensisheim. — Densité : 3,4884, d'après Rumler.
Analyse de Fourcroy et Vauquelin.

Silice	56,0
Magnésie	12,0
Chaux	1,4
Protoxyde de fer	30,0
Protoxyde de nickel	2,4
	91,8

Crook[1] trouva en 1868 :

Pyrrhotine	5,642
Fer	8,000
Nickel avec cobalt	1,250
Phosphore	1,015
Fer chromé	0,600
Olivine	50,244
Labrador	7,693
Augite	26,146
	100,590

1. *Dissertation on the chemical constitution of meteoric stones*, Gottingue, 1868.

Erxleben. — Densité : 3,6441, d'après Rumler.
Analyse de Stromeyer[1] :

Fer	24,415
Nickel	1,579
Sesquioxyde de chrome	0,246
Protoxyde de manganèse	0,704
Silice	36,320
Magnésie	23,584
Alumine	1,605
Chaux	1,922
Soufre	2,952
Protoxyde de fer	5,574
Soude	0,741
Perte	0,358
	100,000

Cabarras. — Densité : 3,60, d'après Shepard.
Analyse de Shepard[2] :

Silice	56,168
Protoxyde de fer	18,108
Magnésie	10,406
Alumine	1,797
Chaux	traces.
Fer, Nickel, Chrome	6,520
Pyrrhotine	3,807
Potasse, Soude, Perte	3,394
	100,190

Kernouve. — La météorite de Kernouve[3] est d'un gris assez foncé, très compacte, à texture grenue. Elle est fortement magnétique. Le fer y est disséminé en grains extrêmement brillants ; par places, on voit des veines ou filets minces de ce métal, ayant plusieurs centimètres de long, ou bien on en rencontre de petites masses ayant plusieurs centimètres de diamètre.

La pyrite magnétique s'y trouve également disséminée, et plus rarement en veines. M. Pisani en a vu un amas de 2 à 3 centimètres de long sur 2 millimètres d'épaisseur. On remarque, en certains endroits, de petits noyaux composés probablement soit d'enstatite, soit d'un des feldspaths qui se trouvent dans les météorites.

1. *Gilbert Annalen*, t. XLII, p. 105.
2. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. IX, p. 143, et t. X, p. 127.
3. *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 149.

La densité de cette météorite est de 3,747 (moyenne). Au chalumeau, elle fond difficilement, en scorie noire magnétique. Au spectroscope, on voit la chaux et la soude. Elle est attaquable en partie par l'acide chlorhydrique, avec dégagement d'hydrogène sulfuré, en formant gelée.

La pyrite qui s'y trouve n'est pas attirable, et reste avec les silicates quand on en sépare le fer au barreau aimanté. A l'analyse faite par M. Pisani elle a donné :

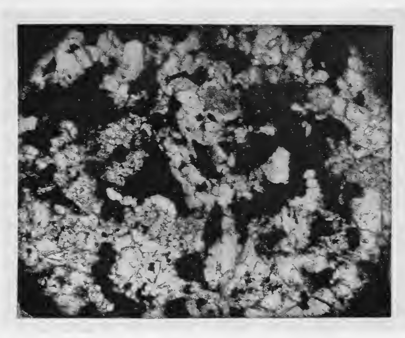


Fig. 45. — Erxlébénite tombée le 23 mai 1869 à Kernouve (Morbihan). Lame mince vue au microscope.

Analyse totale :

Fer	22,25
Nickel	1,55
Soufre	2,15
Cuivre	traces
Fer chromé	traces
Silice	32,95
Alumine	3,19
Oxyde ferreux	11,70
Magnésie	23,68
Chaux	1,89
Soude (traces de potasse)	1,41
	100,77

Silicate attaquable :		Silicate inattaquable :	
Silice	10,05	Silice	22,90
Alumine	1,03	Alumine	2,16
Oxyde ferreux	7,72	Oxyde ferreux	3,98
Magnésie	14,86	Magnésie	8,82
Chaux	0,47	Chaux	1,42
Soude	0,47	Soude (tr. potasse)	0,94
	34,60		40,22

Cette météorite est donc composée de :

Fer nickélifère	20,50
Pyrite magnétique, Fe^7S^8	5,45
Silicate attaquable	54,60
Silicate inattaquable	40,22
	100,77

Tjabé. — Analyse de Baumhauer[1].

L'aimant sépare 14 pour 100 d'une substance magnétique dont la densité est 6,8. Le rapport du nickel au fer y est comme 1 est à 15. La portion silicatée renferme :

Matière insoluble de l'acide chlorhydrique	50,14
Pyrrhotine	5,71
Silice	14,95
Magnésie	16,40
Protoxyde de fer	12,01
Chaux	0,74
Soude avec traces de potasse	0,32
Alumine	0,22
Protoxyde de manganèse	0,30
Protoxyde de nickel	traces.
	98.79

La densité de la météorite est de 3,496.

22e TYPE.

MÉNITE. (Stan. Meun.)

Roche éminemment cristalline, voisine pour l'aspect de la précédente et s'en distinguant surtout par sa couleur plus foncée et par sa cohésion un peu moindre. — *Densité :* 3.65 à 3.80. — *Composition minéralogique :* La roche est consti-

1. *Archives néerlandaises des Sciences exactes*, etc., t. V, n° 4, 1871 (Harlem).

tuée par un mélange de péridot et de bronzite, avec un peu d'anorthite. La vue montre au milieu des silicates qui sont très prépondérants de petites grenailles de fer nickelé et quelques mouches de pyrrhotine.

Chutes principales :
1862, 7 octobre. Klein-Menow (Mecklenbourg).
1865, 26 mars. Claywater, Vernon Cy (Wisconsin, États-Unis).
1872, 23 juillet. Authon, Lancé (Loir-et-Cher France).



Fig. 46. — Ménite tombée le 23 juillet 1872 à Authon (Loir-et-Cher). Grandeur naturelle.

Klein-Menow. — Densité : 3,65 d'après Smith.
Analyse de Smith[1] :

Matière pierreuse	77,76
Partie métallique	18,00
Troïlite	4,24
	100,00

Matière pierreuse soluble	48,7
— insoluble	51,3
	100,00

Composition de la partie pierreuse :

Silice	44,70
Oxyde ferreux et alumine	22,26
Magnésie	28,97
Chaux	1,85
Soude	1,20
	98,18

1. *Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 161.

Composition de la partie métallique :

Fer	91,86
Nickel	7,53
Cobalt	0,15
Cuivre et phosphore	traces.
	99,54

Claywater, Vernon Cy. — Analyse de Lawrence Smith[1] :

Matière pierreuse	78,83
Partie métallique	17,87
Troïlite	4,60
	100.00

Matière pierreuse soluble	47,2
— — insoluble	52,8
	100,00

Composition de la partie pierreuse :

Silice	44,98
Oxyde ferreux et alumine	21,95
Magnésie	29,30
Chaux	1,80
Soude	1,32
	99,35

Composition de la partie métallique :

Fer	91,15
Nickel	7,37
Cobalt	0,28
Cuivre et phosphore	traces.
	98,80

Des deux fragments découverts de la météorite de Claywater, l'un a été perdu ou détruit, l'autre pèse 700 grammes; une croûte noire et épaisse couvre environ le tiers de sa surface. L'intérieur est granuleux ; la météorite est poreuse et appartient aux météorites dures.

Au microscope, le grain est d'une couleur vert sale, d'une apparence graisseuse et ayant en quelques endroits une structure globuleuse. Des parcelles de fer sont disséminées abondamment à travers la masse et l'on y voit également des parcelles de troïlite.

Le poids spécifique est de 3,66.

1. *Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 161.

La météorite se compose de :

Bronzite, avec un peu d'anorthite (probablement) .	41,35 pour 100.
Hyalosidérite (olivine)	36,98
Fer nickélifère.	17,07
Troïlite	4,60

Authon [1]. — La météorite tombée à Lancé, le 23 juillet 1872, pèse 47 kilogrammes, et se termine par des surfaces arrondies coupées par deux plans peu inclinés entre eux, plans qui paraissent correspondre à une cassure et à l'enlèvement d'une partie d'un sphéroïde irrégulier.

Le même bolide a apporté une seconde météorite beaucoup plus petite à Authon, à 12 kilomètres de Lancé.

Les caractères minéralogiques de ces deux météorites sont tout à fait les mêmes, ce qui annonce qu'elles proviennent d'une même masse. L'examen qui a été fait de la première, et dont les résultats suivent, est donc également applicable à la seconde.

La cassure se distingue de celle du plus grand nombre des météorites par une teinte d'un gris foncé, presque noir, rappelant celle de certains basaltes. Elle montre une structure globulaire et des grains sphéroïdaux dont le diamètre ne dépasse pas 1 millimètre.

Sur ce fond sombre, terne et rude au toucher, on voit briller d'assez nombreux grains hyalins, la plupart incolores, quelques-uns d'un vert jaunâtre. Çà et là, on remarque aussi des parties d'un éclat métallique, d'un jaune de bronze, comme le sulfure magnétique de fer. Mais ce n'est qu'après que la substance a été polie, qu'on y voit apparaître d'autres grains métalliques d'un gris de fer, et dont le diamètre atteint rarement 1/2 millimètre. Quand on cherche à triturer la substance, les mêmes grains résistent en se réduisant en lamelles, à raison de leur malléabilité.

Dans une plaque mince et transparente de la roche météoritique, que l'on soumet à l'examen du microscope, on voit que les nombreux grains hyalins sont très fendillés et qu'ils agissent fortement sur la lumière polarisée. Leurs contours sont tantôt anguleux et irréguliers, tantôt arrondis. Ces grains sont engagés dans une pâte opaque, et l'ensemble ressemble plutôt à une roche bréchiforme à grains fins qu'à une roche cristalline vierge.

La densité de la substance a été trouvée de 3,80.

Traitée par l'eau, elle abandonne du chlorure de sodium ; ce sel s'y trouve dans la proportion de 0,012.

En portant au rouge la matière dans un courant d'hydrogène et en recueillant le sublimé qui se produit, on a de nouveau constaté la présence du chlorure de sodium dans la proportion qui avait été reconnue sur la solution aqueuse.

L'absence de sels de potasse et de sulfates et d'hyposulfites a été reconnue.

L'acide chlorhydrique et l'acide sulfurique étendu font naître un abondant dégagement d'hydrogène sulfuré.

On a dosé le soufre de cet hydrogène sulfuré au moyen du nitrate d'argent, en

1. Daubrée, *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 465.

même temps que l'hydrogène libre, provenant de l'action de l'acide sulfurique étendu, et on est arrivé, par cette dernière opération, à évaluer très approximativement la quantité des métaux natifs.

En traitant par l'acide nitrique, et suivant la méthode de la voie moyenne de M. H. Sainte-Claire Deville, on a constaté la présence d'un silicate attaquable, à base de magnésie et de protoxyde de fer, et offrant à très peu près la formule du péridot. La partie inattaquable se compose au moins de deux substances, l'une incolore, l'autre d'un noir foncé.

Le silicate péridotique forme 42,36 pour 100 du poids total, dans lequel la partie inattaquable entre pour 33,44.

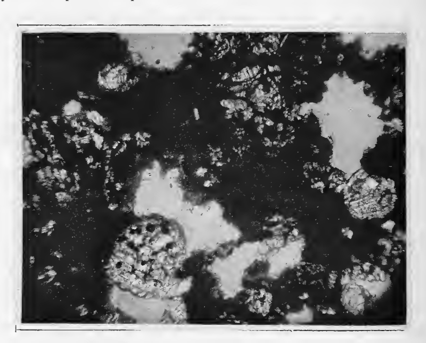


Fig. 47. — Ménite tombée le 23 juillet 1872 à Authon (Loir-et-Cher). Lame mince vue au microscope.

Tout le fer de la partie soluble dans l'acide chlorhydrique a été dosé par la méthode de M. Margueritte, perfectionnée par M. Boussingault; sa proportion est de 21,48 pour 100.

La présence du cuivre avait été préalablement reconnue par l'analyse spectrale, en même temps que l'absence de la chaux, de la baryte et de la strontiane.

Quant au carbone, on n'a pu l'y reconnaître.

Comme d'ordinaire, le nickel et le cobalt accompagnent le fer dans cette météorite.

Les résultats sont les suivants :

Fer allié de nickel et de cobalt				7,81
Fer et autres métaux alliés au soufre		9,09	sulfure. 14,28	
Soufre combiné		5,19		
Silicates attaquables ou péridot.	Silice	17,20	42,41	
	Magnésie	13,86		
	Protoxyde de fer	11,33		
	Protoxyde de manganèse	0,05		
Partie inattaquable				33,44
Chlorure de sodium				0,12
Eau hygrométrique				1,24
				99,31

23e TYPE.

BUTSURITE. (Stan. Meun.)

Roche éminemment oolithique. Les globules, assez petits et de couleur noire, sont remarquables par l'uniformité de leur volume. Le ciment qui les relie est blanchâtre, nettement cristallin et friable. — *Densité :* 3,562 (Rumler) à 3,60 (Maskelyne). — *Composition minéralogique :* Des études incomplètes ont permis de constater la présence d'une matière analogue à l'olivine, d'un minéral plus acide, de grains irréguliers de fer nickelé et de petites quantités de troïlite. Le fer nickelé est abondant et apparaît surtout sur les surfaces polies. Cette roche se rapproche beaucoup de la précédente, dont elle diffère surtout, quant à ses caractères extérieurs, par le volume plus faible de ses globules.

Chutes principales :

1837, 24 juillet, Gross Divina, Budetin (Hongrie).
1861, 12 mai, Butsura, Piprassi (Inde).

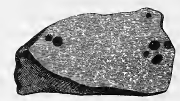


Fig. 48. — Butsurite tombée le 12 mai 1861 à Butsura (Indes). Grandeur naturelle.

Gross Divina. — Densité, 3,562 d'après Maskelyne.
Butsura. — Densité, 3,60 d'après Maskelyne[1].

1. *Philosophical Magazine.* Janvier 1862.

24e TYPE.

SIGÊNITE. (STAN. MEUN.)

Roche grise, oolithique, dont chaque globule représente une *druse* cristalline très brillante. De petits grains jaunes se font remarquer çà et là. — *Densité :* 3,6382 (Rumler) à 3,81 (Curioni). — *Composition minéralogique :* Mélange d'augite, d'enstatite et de fer nickélifère.

Chutes principales :
1773, 13 novembre, Sigena[1], Sena (Aragon, Espagne).
1852, 2 décembre, Busti[2], entre Goruckpore et Fysabad (Indes).
1852, 13 décembre, Borkut, Marmarosch (Hongrie).
1856, 19 novembre, Trenzano[3], Brescia (Italie).
1866, en août, Dolorès Hidalgo, Guanaxato (Mexique).
1868, 20 mars. Daniels Kuill, Griqua (Afrique australe).



Fig. 49. — Sigénite tombée le 17 novembre 1873 à Sigena (Aragon). Grandeur naturelle.

Dans de précédentes publications, j'ai désigné la roche dont il s'agit ici sous le nom de *Bustite,* un échantillon qui lui appartient ayant été adressé de Calcutta au Muscum, en 1868, par M. Oldham, comme provenant de la chute de Busti (2 décembre, 1852). Depuis cette époque, M. Maskelyne a envoyé au Jardin des Plantes un autre échantillon de cette même chute qu'il a soigneusement analysé et pour lequel il convient de faire un type nouveau sous le nom de Bustite. Dès lors la roche actuelle a dû changer de nom et je lui ai donné le nom de Sigénite, la chute la mieux caractérisée, en même temps que la plus ancienne, en ayant eu lieu à Sigena.

1. Certaines pierres de cette chute appartiennent au type Parnallite.
2. Certaines pierres de cette chute appartiennent au type Bustite.
3. Certaines pierres de cette chute paraissent appartenir au type Parnallite.

Sigena. — La figure 50 représente une lame mince vue au microscope.

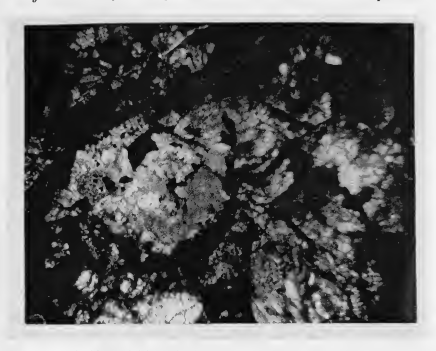


Fig. 50. — Sigénite tombée le 17 novembre 1873 à Sigena (Aragon). Lame mince vue au microscope.

Borkut. — Densité : 5,242, d'après Leydolt[1].
Analyse de Nurisang.

Partie magnétique. 18,26

Sur 100 parties de la matière non magnétique, 51,54 sont solubles dans l'acide, 48,46 insolubles.

Partie magnétique :

Fer.	85,14
Nickel. . . . . Cobalt.	10,06
Cuivre. . . . . Etain.	0,40
Soufre.	4,19
Phosphore.	0,18
	99,97

1. *Wien. Akad. Ber.*, t. XX, p. 398.

Partie soluble dans l'acide :

Silice.	50,77
Alumine.	2,62
Fer.	27,29
Oxygène (par différence).	4,05
Nickel. / Manganèse	1,51
Chaux.	1,02
Magnésie.	30,95
Potasse.	0,45
Soude.	1,08
Soufre.	0,50
	100,00

Partie insoluble :

Silice.	56,37
Alumine.	4,15
Protoxyde de fer.	11,89
Chaux.	5,84
Magnésie.	17,59
Potasse.	1,12
Soude.	5,66
Fer chromé.	1,60
	100,00

Leydolt admet que la partie attaquable se compose de 0,82 de pyrrhotine, 13,09 de fer nickelé, et le reste de péridot, et que la partie inattaquable est un mélange d'un peu de fer chromé avec 35 pour 100 d'oligoclase et 65 pour 100 d'augite.

Trenzano. — Densité : 3,81, d'après Curioni[1].

Partie magnétique.	22,78
— non magnétique.	77,22
	100,00

La partie magnétique contient :

Fer.	91,60
Nickel.	8,40
	100,00

La partie non magnétique se compose de :

Pyrrhotine.	6,42
Silice.	41,80
Alumine.	3,00
Protoxyde de fer.	20,12
A reporter.	71,34

1. *Atti Instit. Lomb. di Scienze*, Milan, 1860.

Report.	71,34
Chaux.	2,55
Magnésie.	21,30
Soude.	2,38
Potasse.	1,90
	99,27

Daniel's Kuill. — Densité de 3,657 à 3,678, d'après Church.
Analyse de Church[1].
Composition minéralogique :

Fer nickelé.	29,72
Troïlite calculée comme protosulfure de fer.	6,02
Schreibersite.	1,59
Silice et silicates.	61,52
Carb., oxygène, autres constituants et perte.	1,14
	99,90

25e TYPE.

BÉLAJITE. (Stan. Meun.)

Roche blanche friable, renfermant des grains noirs sphériques, ressemblant à du gros plomb de chasse. — *Densité :* 3,4763 (Rumler) à 3,74 (le même). — *Composition minéralogique :* Aucune analyse minéralogie de cette roche n'a été publiée jusqu'ici, du moins à notre connaissance.



Fig. 51. — Bélajite tombée le 23 janvier 1852 à Nellore, Madras (Inde). Grandeur naturelle.

Chutes principales :
1796, 4 janvier. Belaja-Zerkwa, Kiew (Russie).
1807, 13 mars. Timoschin, Jucknow, Smolensk (Russie).
1818, 10 août. Slobodka, Smolensk (Russie).
1831, 2 novembre. Macao, Rio-del-Norte (Brésil).
1852, 23 janvier. Nellore, Madras (Inde).
1853, 6 mars. Seegowlee, (Bengale, Inde).

1. *Soc. chem. Lond.*, janvier 1869.

Timoschin. — Analyse de Klaproth[1] :

Silice	38
Magnésie	14,25
Fer	17,6
Sesquioxyde de fer	25
Nickel	0,4
Protoxyde de manganèse	5
Soufre	
Chrome	
Perte	
Alumine	1
Chaux	0,75
	100,00

Densité, 3,6046, d'après Rumler.

Slobodka. — Densité, 3,4763, d'après Rumler.

Macao. — Densité, 3,74, d'après Rumler.

Nellore. — Densité, 3,63, d'après Maskelyne[2].

Seegowlee. — Densité, 3,425, d'après Haidinger[3].

26e TYPE.

BUSTITE. (Stan. Meun.)

Roche blanchâtre brichoïde prenant bien le poli. — *Densité.* . . ? *Composition minéralogique :* la roche résulte du mélange de l'enstatite avec le pyroxène diopside ; elle renferme du fer nickelé, et deux minéraux qui jusqu'ici paraissent lui appartenir d'une manière exclusive, l'oldhamite (sulfure de calcium) et l'osbornite (oxysulfure de calcium avec zirconium et titane).

Chute principale :
1852. 2 déc. Busti, entre Goruckpore et Fysabad, Indes.

Busti. — On a vu plus haut que la même chute de Busti, 2 déc. 1852, figure comme ayant fourni des pierres appartenant au type Sigénite. Il s'agit maintenant d'un échantillon qui ne présente avec la Sigénite aucune espèce de rapport et que le Muséum doit au British Museum.

Pour l'analyse M. Maskelyne[4] traita successivement la météorite pulvérisée par

1. *Gilb. Ann.*, t. XXXIII, p. 210.
2. *Phil. Mag.*, 4e série, t. XXV, p. 443.
3. *Wien. Akad. Ber.*, t. XLI, 1869, p. 754.
4. *Proceedings of the royal Society*, t. XVIII, p. 154 (1869).

l'acide chlorhydrique, le sulfure de carbone et la potasse. 16,875 pour 100 de la matière furent ainsi dissous avec un résidu représentant 83,127 par 100.

La matière soluble contient :

Sulfate de chaux	0,442
Sulfate de calcium	4,133
Oxyde de fer	0,194
Silice	6,514
Chaux	0,022
Magnésie	5,055
Potasse	0,099
Soude	0,118
	16,577

La portion insoluble a donné ;

Oxyde de fer	0,891
Silice	46,357
Chaux	12,375
Magnésie	23,266
Potasse	0,140
Soude	0.455
Lithine	0,019
	83,503

L'auteur considère cette matière insoluble, qui répond à la formule

$$\left(\frac{3}{4}Mg\frac{1}{4}Ca\right)O,SiO^2,$$

comme consistant dans le mélange de l'enstatite avec le pyroxène diopside.

On n'y trouve pas d'alumine et par conséquent il ne s'y rencontre pas de minéraux feldspathiques.

27e TYPE.

RENAZZITE. (Stan. Meun.)

Roche formée d'une pâte noire vitreuse, renfermant un grand nombre de globules blancs assez réguliers. — *Densité :* 3,2442 (Rumler). — *Composition minéralogique :* Cette roche paraît contenir un silicate magnésien particulier ; on y distingue en outre au microscope de petits cristaux de péridot, du fer nickelé, du fer chromé et de la troïlite.

Chutes principales :
1824, 15 janvier, Renazzo, Cento, Ferrare, Italie.
1861, 16 juin, Grosnaja, Terek, Caucase, Russie.

Renazzo. — Densité : 3,2442 d'après Rumler.

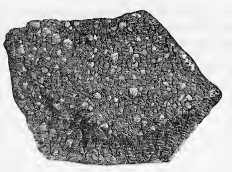


Fig. 52. — Renazzite tombée le 15 janvier 1824 à Renazzo (Italie). Grandeur naturelle.

Fig. 53. — Renazzite tombée le 15 janvier 1824 à Renazzo (Italie). Lame mince vue au microscope.

Analyse de Laugier[1] :

Silice	41,75
Magnésie	16
Sesquioxyde de fer	43
Protoxyde de nickel	1,25
Sesquioxyde de chrome	1,50
Soufre	1,00
	104,5

1. *Ann. de Chim.*, XXIV, p. 132.

D'après Cordier, un silicate blanc qui représente 15 pour 100 serait un minéral nouveau et la question mérite évidemment d'être examinée. Il trouva en outre, au microscope, de petits grains cristallins analogues à l'olivine. La partie magnétique qui représente 8 pour 100 a donné les réactions du fer, du nickel et du soufre.

Densité, 3,7, d'après Abich.

28e TYPE.

MANBHOOMITE. (Stan. Meun.)

Roche grise pseudo-porphyroïde, peu cohérente. La pâte, d'un gris très clair, renferme des parties assez volumineuses plus foncées qui paraissent être des cristaux. — *Densité :* 3,42 (Haidinger). — *Composition minéralogique :* L'analyse minéralogique de cette roche n'a pas été faite jusqu'ici. Les silicates magnésiens y prédominent ; la troïlite s'y voit en amas quelquefois assez gros.

Chute principale :
1863, 22 décembre, Manbhoom (Bengale, Indes Anglaises).

Manbhoom. — Diverses observations paraissent montrer que cette pierre résulte du mélange de la bronzite avec l'olivine.



Fig. 54. — Manbhoomite tombée le 22 décembre 1883 à Manbhoom (Inde)
Grandeur naturelle.

29e TYPE.

RUTLAMITE. (Stan. Meun.)

Roche noire, dure, friable, contenant un assez grand nombre de petits cristaux

1. G. Rose, *Berliner Akad. Ber.*, 1862, p. 186.

blancs, très brillants. — *Densité :* 3,5660 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique :* (nous n'avons pu obtenir de renseignements à cet égard).

Chutes principales :
1863, 16 mars (Rutlam, Indes anglaises).



Fig. 55. — Rutlamite tombée le 16 mars 1862 à Rutlam (Indes).
Grandeur naturelle.

Rutlam. — Une très courte notice, où manquent d'ailleurs les renseignements chimiques et minéralogiques, a été publiée par Haidinger[1].

30ᵉ TYPE.

AUMALITE. (Stan. Meun.)

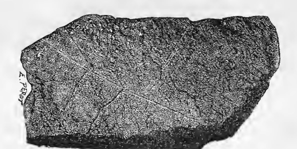


Fig. 56 — Aumalite tombée le 10 février 1853 à Girgenti (Sicile).
Surface de cassure ; grandeur naturelle.

Roche pierreuse serrée, d'un gris de cendre, très dure. Sa cassure rappelle celle

1. *Wien. Akad.*, t LIX, 4 février 1864.

de certains grès. On y distingue de petites grenailles métalliques visibles surtout sur les surfaces polies. — *Densité :* 3,55 (moyenne d'un grand nombre de mesures très concordantes). — *Composition minéralogique :* L'analyse minéralogique n'a pas été faite jusqu'ici d'une manière satisfaisante. L'interprétation des résultats de l'analyse élémentaire conduit à regarder l'aumalite comme résultant du mélange du péridot avec des minéraux pyroxéniques et du fer nickelé. Diverses analyses indiquent la présence de la schreibersite et de la troïlite.

Chutes principales :

1668, 19 ou 21 juin. Vérone, Vago (Italie).
1787, 13 octobre. Charkow (Russie).
1803, 8 octobre. Apt, Saurette (Vaucluse, France).
1810, septembre. Chartres (Eure-et-Loir).
1810, 23 novembre. Charsonville, Orléans (Loiret, France).
1811, 8 juillet. Berlanguillas, Burgos (Espagne).
1831, 13 mai. Vouillé, Poitiers (Vienne, France).
1840, 17 juillet. Cereseto, Offiglia, Casale (Italie).
1841, 12 juin. Château-Renard, Triguères (Loiret, France).
1844, 21 octobre. Favars, Laissac (Aveyron, France).
1846, 8 mai. Monte-Milone, Maccrata (Italie).
1853, 10 février. Girgenti (Sicile).
1854, 12 avril. Nerft (Courlande, Russie).
1860, 1er mai. New-Concord, Guernsey Cy, (Ohio, États-Unis).
1860, 14 juillet. Dhurmsalla (Pundjab, Inde).
1864, 7 décembre. Tourinnes-la-Grosse, Louvain (Belgique).
1865, 26 août. Aumale, Cercle des Senhadja (Algérie).
1868, 24 novembre. Danville (Alabama, États-Unis).

Charkow. — Densité d'après Scheerer [1] :

Silice	51,0
Magnésie	20,5
Protoxyde de manganèse	4,20
Fer	19,8
Nickel	1,5
Soufre / Carbone	3,0
	100,00

Lowitz ne trouva pas la moindre trace de chrome.
Densité, 3,4902, d'après Rumler.

1. *Gilb. Ann.*, t. XXXI, p. 321. *Mém. Ac. St-Pétersb.*, t. VI, p. 47.

Apt. — Analyse de Laugier :

Silice	34,00
Magnésie	14,50
Protoxyde de fer	38,03
Protoxyde de manganèse	0,83
Protoxyde de nickel	0,33
Protoxyde de chrome	0,01
Soufre	9,00
Perte et Eau	3,30
	100,00

Densité, 3,4852, d'après Rumler.

Charsonville. — Analyse de Vauquelin :

Silice	38,4
Fer	25,8
Magnésie	13,6
Alumine	3,6
Chaux	4,2
Chrome	1,5
Manganèse	0,6
Nickel	6,0
Soufre	5,0
	98,7

Densité de 3,64 à 3,71, d'après Rumler.

Berlanguillas. — Densité, 3,4967, d'après Rumler.

Vouillé. — Densité, 3,557, d'après Rumler.

Cereseto. — Densité, 3,790, d'après Lavini[1] :

Château-Renard. — Les caractères extérieurs de la météorite de Château-Renard lui donnent de l'analogie avec un trachyte[2]; elle est d'un gris clair, et entièrement composée de parties cristallines qui s'entrecroisent comme dans les porphyres volcaniques. Toutefois, des grenailles de fer métallique répandues d'une manière assez uniforme dans la pâte de la roche, dénotent sa nature extra-terrestre.

Examinée à une forte loupe, la météorite présente deux minéraux assez distincts : l'un, imparfaitement lamelleux, présente dans quelques points des bandes analogues à celles qui caractérisent les masses hémitropes d'albite ou de labrador ; l'autre, à cassure vitreuse, pourrait être pris pour du quartz. Outre ces deux minéraux, on

1. *Mém. Acad. Torino,* 2e série, t. III, p. 265, 1841.
2. *Comptes rendus,* t. XIII, p. 47. Note de Dufrénoy.

distingue encore à l'œil de petits globules noirs vitreux, et quelques petites plaques noires brillantes, lesquelles sont particulièrement rassemblées dans les filons qui traversent la pierre.

La pesanteur spécifique moyenne de la pierre de Château-Renard est de 3,56, celle des grains de fer métallique, extraits par le barreau aimanté, est de 6,48.

Au chalumeau, cette météorite se réduit presqu'au premier coup de feu en une scorie noire caverneuse, en tout semblable à la croûte qui la recouvre extérieurement. La couleur claire de cette pierre rend au premier abord ce résultat singulier; mais l'analyse chimique qui dévoile, outre le fer métallique, une forte proportion d'oxyde de fer, rend compte de la manière dont elle se comporte au chalumeau.

Quand on réduit la météorite de Château-Renard en poussière très fine, il est facile de la partager en trois parties distinctes.

La première, donnée par le barreau aimanté, est un alliage de fer et de nickel qui entre dans la météorite dans la proportion de 9 à 10 pour 100.

Les deux autres se séparent par l'action des acides : 51 pour 100 environ sont solubles avec une grande facilité dans l'acide chlorhydrique mélangé de la moitié de son volume d'eau; la solution a lieu même presque entièrement à froid; ainsi, dans une analyse faite sur 4gr,834, 3 décigrammes seulement se sont dissous à chaud, tandis que 1gr,60 avait été enlevé par la simple digestion à froid.

Dufrénoy a fait deux analyses de la pierre de Château-Renard, l'une sur 2gr,220, l'autre sur 5gr,370. La substance ayant été réduite en poussière, il en a séparé le fer métallique par le barreau aimanté, puis il en a soumis le résidu à l'action de l'acide chlorhydrique, qui a enlevé, même à froid, la plus grande partie de la matière attaquable; il a ensuite ajouté de l'acide nitrique, et fait bouillir pour acidifier le soufre.

Après avoir séparé la liqueur du résidu, il a traité celui-ci par une dissolution de potasse caustique, afin d'enlever la silice gélatineuse.

La liqueur, évaporée à siccité, a donné la silice. L'expérimentateur l'a reprise par l'eau, et a obtenu, dans cette nouvelle liqueur, le soufre et le fer, en y versant successivement du chlorhydrate de baryte et de l'ammoniaque. Après s'être assuré qu'elle ne contenait pas de chaux, il a fait la recherche de la magnésie et de l'alcali.

Les deux analyses ont donné :

	1re analyse	2e analyse	Moyenne	En 100e	Oxygène
Fer métallique allié de nickel . .	0,2100	0,536	0,3730	9,82	
Résidu insoluble.	0,8290	2,021	1,4250	37,54	
Silice	0,4010	0,980	0,6905	18,19	9,42
Protoxyde de fer.	0,4983	1,237	0,8676	22,86	6,30
Magnésie	0,2330	0,520	0,3765	9,92	3,84
Soufre.	0,0086	0,018	0,0133	0,55	
Fer de la pyrite	0,0062	»	0,0031	0,08	
Chaux.	une trace	»	»	»	
Manganèse	une trace	»	»	»	
Potasse	0,0010	»	0,0005	0,02	
Perte	0,0529	0,058	0,0455	1,12	
	2,2200	5,370	3,7950	100,00	

La proportion de l'oxygène, de la silice et des bases étant presque identique, la substance soluble peut être comparée au péridot.

Pour chercher la composition de la partie insoluble, Dufrénoy s'est servi du procédé indiqué par Berthier, qui consiste à fondre la substance avec un mélange de litharge et de nitrate de plomb. Le verre plombeux a ensuite été dissous dans l'acide nitrique. $2^{gr},542$, analysés par ce procédé, ont donné :

		En 100es	Oxygène
		—	—
Silice.	1,3160	51,77	26,92
Alumine.	0,2600	10,22	4,77
Protoxyde de fer .	0,4452	17,51	3,98
Magnésie.	0,4680	18,35	
Chaux	0,0120	0,47	7,09
Potasse	0,0174	0,68	
Soude	0,0586	2,30	
	2,5772	101,27	

Enfin, une analyse sur $1^{gr},454$ de l'alliage de fer et de nickel a donné :

Silice.	0,052	3,57
Magnésie	0,015	1,03
Protoxyde de fer.	0,023	1,73
Fer.	1,181	81,31
Nickel.	0,180	12,34
	1,451	99,96

En réunissant les résultats des trois analyses précédentes, on trouve pour la composition de la pierre de Château-Renard :

Silice.	38,13
Magnésie.	17,67
Protoxyde de fer.	29,44
Protoxyde de manganèse.	une trace
Alumine.	3,82
Chaux.	0,14
Fer métallique.	7,70
Nickel.	1,55
Soufre.	0,59
Potasse.	0,27
Soude.	0,86
	99,97

ou, en groupant ensemble les éléments qui sont à l'état de combinaison :

Alliage de fer et de nickel	9,25
Pyrite	0,67
Péridot à fer soluble dans les acides	51,62
Substance insoluble dans les acides et ne se rapportant à aucun minéral connu	38,17
	99,71

Favars. — Densité, 3,35, d'après M. Boisse. — Analyse de Filhol [1].

Composition minéralogique :

Alliage magnétique contenant 10 atomes de fer pour 1 de nickel	18,790
Pyrrhotine	5,7476
Silicate ferrugineux bibasique	28,5504
Silicate soluble. Péridot	26,2378
Bisilicate alumineux insoluble	20,6742
	100,0000

Nerft. — Analyse de Kulberg [2].

Partie métallique :

Soufre	2,02
Fer	8,56
Phosphore	0,05
Fer chromé	0,65
Manganèse	0.10
Nickel (avec cobalt)	1,52
	12,50

Partie pierreuse :

Silice	40,00
Protoxyde de fer	15,98
Magnésie	25,59
Alumine	3,52
Chaux	0,05
Protoxyde de manganèse	0,03
Chaux	0,08
Soude	0,65
	85,90

1. *Mémoires de la Soc. des Lettres de l'Aveyron*, 1850, t. VI, p. 97.
2. *Arch. f. d. Naturkunde Liv., Esth. und Kurlands*, 1re série, t. IV, p. 520.

Analyse minéralogique :

Pyrrhotine	5,60
Schreibersite	6,26
Fer chromé	0,65
Olivine	46,55
Augite	29,09
Silicate double d'alumine et d'alcali	10,26
	98,61

New-Concord. — L'analyse de la météorite tombée le 1er mai 1860, à New-Concord (Ohio), est due à Lawrence Smith [1]. Elle a donné :

Fer nickélifère	10,600
Schreibersite	0,005
Sulfure de fer	0,005
Péridot	56,884
Pyroxène	31,416
	100,000

Voici les résultats fournis par l'analyse élémentaire de la portion silicatée :

Silice	48,30
Protoxyde de fer	28,03
Magnésie	24,53
Alumine	0,31
Chaux	0,02
Soude et potasse	1,04
	101,23

La partie métallique renferme :

Fer	83,011
Nickel	12,36
Soufre	1,08
Cobalt	0,42
Cuivre	traces
Phosphore	0,012
	100,883

1. *Silliman's American J.*, 2e série, t. XXX, p. 103, 106, 109, 111 et 207, t. XXXI, p. 87.

Dhurmsalla. — Analyse de Jackson[1] :

Silice	40,0
Magnésie	26,6
Protoxyde de fer	27,7
Fer	3,5
Nickel	0,8
Alumine	0,4
Chlore	0,049
Acide phosphorique	non dosé
	99,04

Densité, 3,175, d'après Haidinger[2].

Tourinnes-la-Grosse. — Analyse de M. Pisani[3] :

Fer	11,05
Nickel	1,30
Étain	0,17
Soufre	2,21
Fer chromé	0,71
Silice	37,47
Alumine	3,65
Protoxyde de fer	13,89
Protoxyde de manganèse	traces
Magnésie	24,40
Chaux	2,61
Soude } Potasse }	2,26
	99,72

L'analyse minéralogique a donné :

Fer avec nickel, étain avec traces de phosphore	8,67
Pyrrhotine	6,06
Fer chromé	0,71
Partie silicatée	84,28
	99,72

La partie silicatée se réduit en :

partie soluble dans l'acide	48,98
partie insoluble	51,10
	100,00

1. *Proceed. Boston Soc. Nat. Hist.*, t. VIII, p. 233.
2. *Wien. Akad. Ber.*, t. XLII, p. 305, et t. XLIV, p. 287.
3. *Comptes rendus*, 1864, t. LVIII, p. 169.

La première contient :

Silice	17,10
Alumine	0,75
Protoxyde de fer	10,55
Magnésie	19,80
Chaux	0,64
Soude, Potasse	0,05
	48,65

La partie insoluble :

Silice	27,20
Alumine	3,59
Protoxyde de fer	6,10
Magnésie	9,12
Chaux	2,45
Soude, Potasse	2,65
	51,41

Densité, 3,52, d'après Saemann[1].

Aumale. — La météorite d'Aumale consiste, pour la plus grande partie, en une substance pierreuse d'un gris cendré, à grains fins, et rayant le verre avec facilité[2].

Dans cette pâte lithoïde sont disséminés en grand nombre de petits grains à éclat métallique, dont beaucoup sont discernables à l'œil nu. Un examen attentif a montré que ces grains à éclat métallique appartiennent à plusieurs espèces distinctes :

1° Le barreau aimanté sépare de la masse, préalablement pulvérisée, des grains gris d'acier et malléables, qui consistent en fer allié de nickel ; c'est à la présence de ces grains, parfois très fins, que la météorite doit la propriété d'agir très fortement sur l'aiguille aimantée. Toutefois le gaz hydrogène qui se dégage, quand on traite ces grains par l'acide chlorhydrique faible, est accompagné, dans les premiers instants, d'acide sulfhydrique, ce qui annonce le mélange d'une petite quantité de sulfure à un état facilement attaquable par les acides faibles.

La partie altérée, déduction faite des particules pierreuses adhérentes au fer nickélifère et qui sont entraînées avec lui, a été trouvée de 9,7, p. 100.

2° Dans la partie non attirable il se trouve de nombreux grains, aussi à éclat métallique, d'une teinte jaune bronze et présentant parfois une irisation vive à leur surface ; ils sont dépourvus de formes cristallines. Traités par l'acide chlorhy-

1. *Comptes rendus*, 1864, t. LVII, p. 74. — *V.* aussi : *Haidinger, Akad. Wien.*, t. XLIX, 21 janvier 1864.
2. *Comptes rendus*, t. LXII, p. 75.

drique faible, ils dégagent aussi de l'acide sulfhydrique, et se comportent comme du sulfure de fer.

3° Quelques grains d'un jaune de laiton résistent à l'action de l'acide chlorhydrique concentré, et ne sont solubles que dans l'eau régale : ces derniers ont donc les caractères de la pyrite proprement dite. Il est à remarquer que cette pyrite, inattaquable par l'acide chlorhydrique, s'effleurit rapidement. Des grains humectés se recouvrent déjà, au bout d'un ou deux jours, d'une croûte verte de sulfate de protoxyde de fer qui gagne graduellement vers le centre.

4° Enfin, la masse renferme de nombreux grains noirs, opaques, sans action sur le barreau aimanté, inattaquables par les acides, qui ont tous les caractères du fer chromé; quelques-uns d'entre eux présentent la forme de l'octaèdre régulier avec des troncatures sur les arêtes.

Quant à la partie pierreuse de la météorite, elle est généralement à grains très fins; elle présente çà et là, mais en petit nombre, des globules sphériques, à texture compacte, d'un gris verdâtre, dont le diamètre varie de $\frac{1}{2}$ à 5 millimètres.

On reconnaît également, en quelques points, une substance d'un gris verdâtre foncé, dont la cassure se distingue par une structure fibreuse très fine, mais fort régulière. Examinée à la loupe, cette cassure présente une succession d'arêtes parallèles et très rapprochées, alternativement rentrantes et saillantes, qui rappellent tout à fait les stries bien connues dans les feldspaths du sixième système, où elles sont produites par une succession d'hémitropies. Une substance tout à fait analogue a même été signalée dans la pierre de Château-Renard comme appartenant à l'albite. L'examen fait sur de très petites parcelles apprend que cette substance, malgré ses apparences, ne peut faire partie du groupe des feldspaths; elle paraît se rapporter à un silicate magnésien analogue à l'enstatite et à la bronzite.

Une plaque très mince de cette météorite, soumise au microscope, montre qu'à part les grains opaques et métalliques, elle se compose, pour la plus grande partie, de grains transparents, sensiblement incolores, et remarquables par les nombreuses fissures de clivages qui les traversent, rappelant ainsi la texture des trachytes. Quelque irréguliers que soient leurs contours, tous les grains transparents, même les plus petits, agissent sur la lumière polarisée à la manière des corps cristallisés. Au milieu de grains à contours irréguliers, quelques-uns présentent les contours d'un hexagone non régulier, mais symétrique. Comme ils disparaissent sous l'action d'un acide, ils consistent probablement en péridot cristallisé. Quelques petits grains d'un vert jaunâtre, et facilement attaquables par l'acide chlorhydrique, paraissent aussi du péridot, mais avec sa teinte habituelle. Ces parties vertes sont, en général, juxtaposées à des grains de fer métallique.

Il est encore à remarquer que les grains de fer chromé sont tantôt accumulés autour des globules pierreux, tantôt logés dans les fissures de cristaux incolores; ces fissures étant parfois en séries parallèles et disposées suivant deux directions rectangulaires, il en résulte que le cristal ainsi pénétré présente une certaine ressemblance avec la structure cellulaire des végétaux.

De même que dans les autres météorites d'apparence semblable, l'action de l'acide chlorhydrique concentré décompose la masse pierreuse en deux silicates, l'un facilement attaquable avec formation immédiate de gelée, l'autre inattaquable

dans les mêmes conditions. Les bases prédominantes de cette masse silicatée sont la magnésie et le protoxyde de fer.

La densité de la météorite prise dans son ensemble a été trouvée par M. Vatone de 3,65.

Danville. — Analyse de Smith[1].

Les grenailles métalliques renferment :

Fer	89,513
Nickel	9,050
Cobalt	0,521
Phosphore	0,019
Soufre	0,105
	99,208

La pyrrhotine a donné :

Fer	61,11
Soufre	39,56
	100,67

La partie pierreuse comprend :

Partie soluble	60,88
Partie insoluble	39,12
	100,00

Cette dernière contient :

Silice	50,08
Alumine	4,11
Protoxyde de fer	19,85
Magnésie	20,14
Chaux	3,90
	98,08

Ces nombres indiquent un minéral du groupe de l'augite.
L'analyse de la portion soluble donne :

Silice	45,90
Magnésie	26,52
Protoxyde de fer	23,64
Alumine	1,78
Chaux	2,31
	100,15

C'est donc une matière péridotique.
Densité, 3,398, d'après Smith.

1. *Chemical Soc. Lond.*, mai 1871.

31[e] TYPE.

LUCÉITE. (STAN. MEUN.)

Roche blanche, très finement grenue, âpre au toucher, éminemment cristalline. — *Densité* (moyenne de mesures concordantes fournies par des échantillons de douze chutes différentes) : 3,43. — *Composition minéralogique :* Les silicates magnésiens attaquables et inattaquables dominent. Il paraît y avoir des traces de matières feldspathiques. Le fer nickelé, la troïlite, la schreibersite sont disséminés en petits grains.

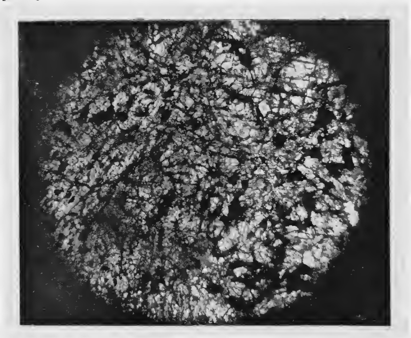


Fig. 57. — Lucéite tombée le 13 septembre 1768 à Lucé (Sarthe). Lame mince vue au microscope.

Au premier aspect, une lame mince (fig. 57) paraît avoir une constitution peu variée en ces différents points. La roche consiste en myriades de petits grains cristallins n'offrant point de formes géométriques et juxtaposés à la façon des éléments d'une mosaïque. Entre eux se présente presque partout une substance noire et opaque qui forme tantôt des filaments très déliés anastomosés entre eux à angle brusque, — tantôt des accumulations plus ou moins volumineuses et plus ou moins amoindries.

Par réflexion cette matière sombre perd de sa simplicité ; métallique çà et là, elle est en grande partie dépourvue de tout éclat. Dans le premier cas, les essais ont

montré qu'elle consiste soit en fer nickelé, soit en pyrrhotine. Dans l'autre, elle est silicatée et ses bases sont l'oxyde de fer et de la magnésie.

Il est fréquent que les grains cristallisés et transparents renferment des inclusions.

Avec un peu plus d'attention cependant et à force de déplacer la lame, on arrive bien vite à reconnaître des caractères distinctifs entre les diverses parties.

En quelques points, les fendillures sont moins pressées et la substance plus transparente affecte une forme générale qui donne l'idée d'un grand cristal moins fendillé que le reste de la masse.

Ces grands cristaux sont répartis çà et là et avec un espacement variable mais souvent grand. Ils paraissent, au moins le plus souvent, être constitués par un minéral inattaquable aux acides, de nature pyroxénique et comparable à l'enstatite.

Chutes principales :

1768, 13 septembre. Lucé (Sarthe, France).
1768, 20 novembre. Mauerkirchen (Autriche).
1785, 19 février. Eichtadt, Wittnes (Bavière).
1795, 13 décembre. Wold Cottage (Yorkshire, Angleterre).
1803, 13 décembre. Mæssing, Saint-Nicolas (Bavière).
1804, 5 avril. High-Possil, Glasgow (Écosse).
1808, 3 septembre. Lissa, Bunzlau (Bohême).
1811, 12 mars. Kuleschowska, Poltawa (Russie).
1814, 15 février. Doralla, Patyala-Raja (Inde).
1815, 18 février. Bachmut (Ékatérinoslaw, Russie).
1818, 30 mars. Zaborzika (Volhynie, Russie).
1819, 3 octobre. Politz Gera (Reuss, Allemagne).
1820, 12 juillet. Lixna, Witebsk (Russie).
1822, 3 juin. Angers (Maine-et-Loire, France).
1822, 7 août. Agra (Inde).
1822, 30 novembre. Futtehpore, Allahabad (Inde).
1824, 14 octobre. Zebrak, Horzowitz, Beraun (Bohême).
1825, 10 février. Nanjemoy (Maryland, États-Unis).
1825, 14 septembre. Honolulu, Owahii (îles Sandwich).
1826, 19 mai. Paulograd (Ekatérinoslaw, Russie).
1826, » Galapian, Agen (Lot-et-Garonne, France).
1827, 16 février. Mhow, Ghazeepore (Inde).
1827, 9 mai. Drake Creek, Nashville, Sumner Cy (Tennessee, États-Unis).
1835, 31 janvier. Mascombes (Corrèze, France).
1838, 22 juillet. Montlivault (Loir-et-Cher, France).
1840, 12 juin. Uden (Brabant septentrional, Hollande).
1840, 27 avril. Steppes des Kirghis (Russie).
1842, 26 avril. Milena, Warasdin (Croatie).
1842, 4 juin. Aumières (Lozère, France).
1843, 2 juin. Utrecht (Hollande).
1844, 9 avril. Killeter, Tyrone (Irlande).
1847, 25 février. Linn County, Harfort, Iowa (États-Unis).

1848, 27 décembre. Ski (Norwège).
1855, 15 mai. Moustel Pank, île d'Œsel, Riga (Russie).
1855, 7 juin. Saint-Denis Westrem, Gand (Belgique).
1856, 5 août. Oviedo (Asturies, Espagne).
1857, 4 octobre. Les Ormes (Yonne, France).
1858, 19 mai. Kakova, Jemesvar (Banat, Hongrie).
1865, 2 juin. Buschoff (Courlande, Russie).
1864, 26 juin. Dolgowola (Volhynie, Russie).
1866, avril. Udipi, Canara méridional (Inde).
1868, 29 février. Motta dei Conti, Casale (Italie).
1868, 8 septembre. Sauguis Saint-Étienne, Mauléon (Basses-Pyrénées, France).
1870, 18 août. Murcie (Espagne).
1872, (*trouvée*). Waconda, Mitchell C^y (Kansas, États-Unis).
1874, 20 mai. Virba, Vidin (Turquie).
1875, 31 mars. Szadany, Cercle de Temès (Hongrie).
1877, 17 mai. Hungen (Hesse).
1878, 5 septembre. Dandapur, Goruckpur (Inde).
1878, 8 novembre. Rakovka, Tula (Russie).
1879, 31 janvier. La Bécasse, Dun-le-Poëlier (Indre, France).
1881, 19 novembre. Grossliebenthal, Odessa (Russie).
1881, 14 mars. Middlesborough (Yorkshire, Angleterre).
1882, 3 février. Mocs, Gynlaselke, Visa, Kolos (Transylvanie).
1883, 16 février. Alfianello, Brescia (Italie).
? Hacienda de Bocas (Mexique).

Lucé. — Analyse de Lavoisier et Cadet[1] :

Soufre	8,5
Fer	36,0
Terre vitrescible	55,5
	100,0

Densité, 3,535, d'après Lavoisier et Cadet; — 3,4726, d'après Rumler.

Mauerkirchen. — Analyse d'Imhof[2] :

Fer	2,35
Nickel	1,2
Sesquioxyde de fer	40,24
Chaux	28,75
Silice	25,4
Soufre / Perte	2,08
	100,00

Densité, 3,4566, d'après Rumler.

1. Bigot de Morogues, *Mémoire sur les chutes de pierres*, p. 105.
2. *Gilb. Ann.*, t. XV, p. 316, t. XVIII, p. 328.

Eichtadt. — Analyse de Klaproth[1] :

Silice	37,0
Magnésie	21,50
Sesquioxyde de fer	16,50
Fer	19
Nickel	1,50
Soufre et Perte	4,50
	100,00

Densité, 3,599, d'après Rumler.

Wold Cottage. — Analyse de Howard[2] :

Partie terreuse :

Silice	50,00
Magnésie	24,66
Protoxyde de fer	32,00
Protoxyde de nickel	1,53
	108,09

Partie métallique qui pouvait s'aplatir au marteau :

Fer	86,66
Nickel	13,34
	100,00

Densité, 4,2402, d'après Rumler.

Maessing. — Analyse de Imhof :

Silice	31
Magnésie	23,25
Sesquioxyde de fer	32,54
Fer	1,8
Nickel	1,35
	89,94

Densité, 3,4852, d'après Rumler.

High Possil. — Densité, 3,5506, d'après Rumler.

1. *Beiträge*, t. VI, p. 296.
2. *Gilb. Ann.*, 15,318.

Lissa. — Analyse de Klaproth[1] :

Silice	43
Alumine	1,25
Magnésie	22
Chaux	0,50
Fer	29
Nickel	0,5
Protoxyde de manganèse	0,25
Soufre / Perte	3,5
	100,00

Densité, 3,50, d'après Schreibers et Rumler.

Kuleschowska. — Densité, 3,4985, d'après Rumler.

Analyse de Scheerer :

Fer	10,0
Nickel	1,2
Silice	52,0
Sesquioxyde de fer	18,4
Alumine	1,6
Magnésie	9,6
Soufre	4,25
Chaux / Protoxyde de manganèse / Perte	2,95
	100,00

Doralla. — Densité, 3,53, d'après Maskelyne[2].

Bachmut. — Une analyse chimique a été faite par Giesecke[3] :

Silice	44
Magnésie	18
Alumine	3
Fer	21
Nickel	2,5
Manganèse	1
Sesquioxyde de chrome / Soufre	1
	90,5

1. *Beiträge*, t. III, p. 246.
2. *Philos. Magaz.*, 4e série, t. XXV, p. 442.
3. *Gilb. Ann.*, t. L, p. 117.

Wöhler a tenté de conclure la composition minéralogique[1] :

Fer avec nickel, cobalt et phosphore.	11,00 avec 9 0/0 Ni
Pyrite magnétique	5,00
Fer chromé.	2,00
Olivine.	41,56
Augite et un feldspath, probablement le labrador.	39,47
	99,03

Densité, 3,4235, d'après Rumler.

Ces résultats ont été repris beaucoup plus récemment par M. Kenngott[2]. Il résulte de son travail que les 39,47 pour 100 de silicates inattaquables regardés par Wöhler comme consistant en un mélange d'augite et de labrador ont une tout autre composition. D'après lui :

0,55 potasse	+ 0,60	Al^2O^3	+ 2,10,	SiO^2	=	orthoclase
1,33 soude	+ 1,87	»	+ 6,56	»	=	albite
2,44 chaux	+ 4,47	»	+ 5,22	»	=	anorthite
	6,94		13,88			

sont mélangés à

22,38 magnésie	+ 33,59	silice
8,35 oxyde de ferrure	+ 6,96	»
1,53 oxyde de manganèse	+ 1,29	»
0,69 chaux	+ 0,74	»
	42,58	silice

qui correspondent à l'enstatite.

De sorte que les silicates inattaquables seraient en réalité :

Enstatite.	29,61
Anorthite	4,76
Albite	3,83
Orthoclase.	11,27

Le grain de la roche est fin est très serré; la nuance est d'un gris presque blanc; avec beaucoup d'attention on aperçoit çà et là quelques particules d'un vert de nickel extrêmement clair.

Zaborzika. — Analyse de Laugier :

Silice	41
Magnésie.	14,9
Alumine.	0,75
Sesquioxide de fer.	45

1. *Nachrichten d. Univ. Göttingen*, 1862 373.
2. *Ueber. d. min. Frorsehungen* 1865, p. 437.

Chaux	2
Nickel	1
Chrome	0,7
Soufre	4
	109,4

Politz Gera. — Analyse de Stromeyer[1] :

Fer nickelé		14,812
Renfermant :		
Fer	13,446	
Nickel	1,365	
Fer sulfuré		6,739
Renfermant :		
Fer	4,044	
Soufre	2,695	
Partie pierreuse		77,629
Renfermant :		
Silice	38,059	
Magnésie	29,93	
Alumine	3,468	
Protoxyde de fer	4,896	
Protoxyde de manganèse	1,146	
Sesquioxyde de chrome	0,130	
	98,179	

Densité, 3,4938, d'après Stromeyer.

Lixna. — Analyse de Grothuss[2] :

Silice	32,2
Fer	26
Magnésie	10,8
Soufre	3,5
Nickel	2
Chrome	0,7
Chaux	0,5
Protoxyde de fer	22
Alumine	1,3
	99,0

Densité, 3,3721 (Kuhlberg).

1. *Gilb. Ann.*, t. LXV, p. 217, 451, t. LXVIII, p. 336.
2. *Erman. Arch.*, t. V, p. 179.

Kuhlberg a plus récemment analysé deux échantillons appartenant à la collection de Dorpat[1]. Voici la moyenne de ses résultats :

Soufre	2,124
Fer	16,948
Phosphore	0,141
Silice	36,451
Fer chromé	0,695
Protoxyde de fer	13,154
Magnésie	25,073
Alumine	2,517
Nickel	1,707
Chaux	traces
Manganèse	0,414
Protoxyde de manganèse	0,029
Soude	0,719
Potasse	traces
	99,162

Il pense que la composition minéralogique doit s'exprimer par :

Fer sulfuré	5,841
Fer nickelé et schreibersite	15,493
Fer chromé	0,695
Péridot	39,526
Augite	32,106
Silicate d'alumine et de soude	6,312
	99,973

Angers. — Densité, 3,48 (Stanislas Meunier).

Futtehpore. — Densité, 3,526, d'après Haidinger[2] :

Zebrak. — Densité, 3,6062, d'après Rumler.
Analyse de Martini[3] :

Fer nickelé	20,30
Fer sulfuré	18,82
Silice, Alumine, Magnésie, Fer oxydulé, Eau	60,70
	99,92

1. *Arch. f. Nat. Liv.-Est und Kurland*, 1re série, t. IV, nos 25 à 33 (1865).
2. *Wien. Akad. Ber.*, t. XLI, p. 1860, 747.
3. *Poggend. Ann.*, t. VI, p. 28.

Nanjemoy. — Analyse de Chillon [1] :

Partie non magnétique :

Silice	59,6
Magnésie	10,4
Chaux	7,8
Sesquioxyde de fer	24,6
Protoxyde de nickel	3,2
Alumine	0,2
Soufre	5,08
	104,88

Partie magnétique :

Silice, Magnésie, Chaux	13,84
Fer	96,00
Nickel	5,00
	114,84

D'après Shepard, la grande masse est constituée par la howardite ; au microscope, on y voit environ 15 pour 100 d'un minéral périodotique en granules arrondis ; une faible trace de chrome a été trouvée.

Densité, 3,6062, d'après Rumler.

Honolulu. — Densité, 3,3964, d'après Rumler.
3,5309, d'après Kuhlberg.

Kuhlberg y a trouvé [2] :

Soufre	2,29
Fer	6,54
Phosphore	0,04
Silice	39,65
Fer chromé	1,55
Protoxyde de fer	19,15
Magnésie	24,51
Alumine	1,93
Nickel et cobalt	1,63
Manganèse	0,21
Soude	0,80
Potasse	traces
	98,10

1. *Sillim. Ann. Journ.*, 9,351, 10,131 (2), 6,406.
2. *Arch. f. Nat. Liv.-Est. und Kurland*, 1re série, t. IV, p. 16, 1865.

Ce qui, d'après ce chimiste, conduit à la composition minéralogique suivante :

Fer sulfuré	6,50
Fer nickelé avec phosphore	4,32
Fer chromé	1,55
Péridot	47,88
Augite	30,85
Silicate d'alumine et de soude	7,39
	98,09

Mhow. — Densité, 3,596, d'après Maskelyne[1] :

Drake Creek. — Analyse de Baumhauer[2] :

Silice	38,75
Protoxyde de fer	22,70
Protoxyde de manganèse	2,08
Magnésie	18,50
Chaux	0,50
Alumine	0,025
Protoxyde de nickel / Cobalt	2,08
Soufre	1,80
Étain	0,10
Potasse	0,02
Soude	0,35
	106,91

Densité, 3,583, d'après Rumler.

Uden. — On doit l'étude de cette météorite à MM. Baumhauer et Seelheim[3].

Voici les résultats de leur analyse minéralogique :

Hornblende / Augite	37,977
Feldspath albite	2,921
Péridot	55,281
Fer nickelé et fer oxydulé	1,707
Fer sulfuré	0,718
Fer chromé	0,760
	99,304

La densité est égale à 3,4025.

1. *Philosoph. Magaz.*, 4e série, t. XXV, p. 447.
2. *Poggend. Ann*, 66,498.
3. Voy. *De Meteorstenen* du Dr Krecke, p. 28.

Milena. — Analyse de Nendtvich[1] :

Silice	40,40
Magnésie	26,27
Alumine	9,02
Oxyde magnétique de fer	20,08
Pyrite magnétique	3,13
Sulfure de nickel	0,79
Oxyde salin de manganèse	0,07
	99,76

Densité, 3,54, d'après Rumler.

Aumières. — Le Muséum possède 2 échantillons de la chute d'Aumières. Le premier, donné par M. Boisse, en 1847, ne pèse que 8 grammes). L'autre, beaucoup plus intéressant, nous vient, grâce à l'entremise du même M. Boisse, du Musée de Rodez.

Cet échantillon, maintenant brisé en deux fragments, ne représentait qu'une portion de la météorite dont il faisait partie et la croûte n'en recouvre qu'une surface trop petite pour qu'on puisse reconstituer la forme du fragment naturel. Il pèse 1^{k},360 grammes.

Les trois dimensions sont environ 150 millimètres, 80 millimètres et 75 millimètres.

La croûte est généralement d'un noir mat; il faut cependant citer quelques points fort circonscrits où elle est plus brillante. Ces points correspondent à des noyaux pyrrhotineux. Vers une arête la croûte constitue un grand bourrelet.

Les grenailles métalliques, en général peu volumineuses, ne font que des saillies peu considérables au-dessus de la surface générale de la croûte, qui est d'ailleurs remarquablement épaisse.

La pâte de la roche est d'un gris de cendre varié par place de teintes noirâtres et de taches ocracées, beaucoup plus abondantes et beaucoup plus larges. On sait que ces dernières doivent au moins pour la plus grande partie leur origine à des parties sulfurées qui s'oxydent à l'air. Souvent il suffit de passer un acide sur la pierre ocracée pour lui rendre sa blancheur primitive; mais ce lavage ne se fait pas sans inconvénient, et sauf pour la recherche, sur un très petit fragment on doit s'en abstenir.

Ce qui rend particulièrement intéressant l'échantillon qui nous occupe, c'est que toute sa masse est traversée en sens divers par des failles qui se dessinent sur les surfaces par de fines lignes non rectilignes.

On peut regarder cette pierre comme formée de *lucéite* type.

Utrecht. — D'après une analyse de M. Wichmann[2], cette pierre se composerait de :

1. Cité par Otto Buchner, p. 68.
2. *De Meteoorsteenen* du Dr Fr. W. Krecke, p. 32.

Augite	25,382
Albite	11,427
Péridot	48,013
Fer nickelé	9,140
Fer sulfuré	5,097
Fer chromé	0,941
	100,000

La densité varie, suivant les fragments étudiés, de 3,57 à 3,65.

Killeter. — Analyse de Haughton[1].

Partie silicatée inattaquable dans l'acide	34,18
Parties ilicatée attaquable	30,42
Fer	25,14
Nickel	1,42
Oxyde de chrome	2,70
Cobalt	traces
Pyrite magnétique	6,14
	100,00

Analyse de la partie inattaquable :

Silice	55,01
Alumine	5,35
Protoxyde de fer	12,18
Chaux	3,41
Magnésie	24,03
	99,98

Densité, 3,761, d'après Haughton.

Linn County. — Analyse de Shepard[2] :

Howardite	85
Fer nickélifère	10,44
Pyrrhotine	5
	98,44

Composition de la howardite :

Silice	60,13
Protoxyde de fer	23,50
Magnésie	11,20
Sulfure de fer	4,66
Potasse. Soude	0,30
Chaux. Protoxyde de nickel	traces

1. *Pogg. Ann.*, t. CXIII, 1861, p. 508.
2. *Sillim. Ann. Journ.*, 2e série, t. IV, p. 288 et 429 ; t. VI, p. 29 et 280 ; 3e série, t. I, p. 138, et t. XIII, p. 6.

Ski. — Analyse de Ditten[1] :

Partie magnétique :

Fer	84,20
Nickel	14,42
Pyrrhotine	0,49
Silicates	traces
Cobalt	traces
Manganèse	traces
Cuivre	traces
Étain	traces
	99,11

Partie pierreuse attaquable :

Silice	37,80
Magnésie	3,68
Chaux	3,08
Protoxyde de fer	27,44
Fer sulfuré	indice
	100,00

Partie pierreuse inattaquable :

Silice	57,10
Magnésie	19,46
Chaux	1,47
Alumine	5,62
Sesquioxyde de fer	14,72
Fer chromé	traces
Oxyde d'étain	traces
	98,37

Moustel Pank. — Densité, 3,668, d'après Göbel[2] :

Analyse de Göbel.

Partie magnétique		13,06
Partie non magnétique	attaquable	46,86
	inattaquable	39,72
		99,64

Partie magnétique :

Fer nickelé		12,75
Fer sulfuré		0,25
Fer chromé	inattaquable	0,04
	attaquable	0,01
Phosphore de fer et étain		0,01
		13,06

1. *Journ. prakt. Chem.*, t. LXVIV, p. 122. — *Poggend. Ann.*, t. XCVI, p. 341.
2. *Poggend. Ann.*, t. XCIX, p. 642.

La partie pierreuse attaquable contient :

Olivine	41,13
Fer sulfuré	5,59
Fer chromé	0,11
Phosphure de fer	0,03
	46,86

La partie pierreuse inattaquable contient :

Labrador et hornblende Ou bien oligoclase et augite	38,88
Fer chromé insoluble	0,04
Fer chromé soluble	0,57
Phosphure de fer	0,23
	39,72

Saint-Denis Westrem. — Densité, 3,293, d'après Duprez[1].

Oviedo. — Analyse de D. José Ramon de Luaneo[2] :

Partie non attaquable par les acides nitrique et chlorhydrique ni par l'eau régale	64,5041
Eau dégagée à 13°	1,0219
Soufre	2,4973
Chlore	0,1561
Silicium du silicate soluble	0,4599
Fer	15,0256
Nickel	0,7506
Alumine	0,1249
Magnésie	6,3850
Calcium	0,5428
Sodium	0,2047
Potassium	0,6268
Oxygène, corps non déterminables et pertes	7,6903
	100,0000

Poids spécifique, 3,59685.

Les Ormes. — Densité, 3,58 (Stanislas Meunier).

Kakowa. — Analyses de Harris et Wöhler[3].

1. *Poggend. Ann.*, t. XCIX, p. 65.
2. *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales.* Madrid, 1867.
3. *Wien. Akad. Ber.*, t. XXXIV, p. 8.

Partie magnétique :

Fer	82,95
Nickel	14,41
Cobalt	1,08
Phosphore	0,12
Fer chromé	0,76
	99,32

La partie pierreuse se décompose en :

Partie attaquable	56,7
Partie inattaquable	43,3
	100,0

Analyse de la partie attaquable :

Silice	19,5
Magnésie	11,12
Protoxyde de fer	24,4
Nickel	0,2
Chaux	0,7
Soufre	traces
	55,92

Analyse de la partie inattaquable :

Silice	21,7
Magnésie	15,8
Chaux	0,8
Alumine	2,46
Soude	1,92
Potasse	0,26
	42,94

Densité, 3,384, d'après Haidinger [1].

Motta dei Conti. — Analyse de Bertolio [2].

Sous l'influence de l'acide chlorhydrique, la météorite se sépare en :

Partie insoluble	39,41
Partie soluble	60,59
	100,00

1. *Wien. Akad. Ber.*, t. XXXIV, p. 11.
2. *Sopra gli aeroliti caduti il giorno* 29 *febraio* 1868, *nel territorio di Villanova e Motta dei Conti*, Turin, 1868, p. 34.

Partie soluble :

Siliee	12,150
Soufre	0,503
Aeide phosphorique	0,597
Chlore	0,105
Fer	20,700
Protoxyde de fer	7,452
Protoxyde de nickel	3,680
Magnésie	13,230
Potasse et soude	1,600
Cuivre et alumine	traees
Perte	0,573
	60,590

Partie insoluble :

Silice et traee de manganèse	27,511
Protoxyde de fer	4,782
Protoxyde de nickel	1,691
Sesquioxyde de ehrome	0,036
Chaux	0,878
Magnésie	1,546
Alumine	0,415
Potasse	0,097
Soude	2,454
	39,410

Densité, 3,76.

Sauguis. — La météorite tombée à Sauguis, le 7 septembre 1868, s'est brisée en tombant en fragments dont les plus gros ont à peine cinq centimètres de longueur[1]. Il est donc impossible de savoir quelle était sa forme ; on estime que son poids était eompris entre 2 et 4 kilogrammes. Elle est prineipalement lithoïde ; les grains métalliques qu'elle renferme sont très petits et en faible proportion.

Dans la partie picrreuse, on distingue, eomme à l'ordinaire, des globules sphéroïdaux, probablement formés de silicates inattaquables.

Parmi les substances douées de l'éclat métallique, à part les grains dc fer métallique qui sont particulièrement petits, on y distingue d'autres grains, bien reconnaissables à leur eouleur bronze, et qui consistent en sulfure de fer ou troïlite : eette dernière substance forme même des noyaux dont la dimension atteint 10 millimètres. En outre, quelques grains noirs beaueoup plus rares paraissent consister en fer chromé.

La eroûte, d'un noir mat, est remarquablement épaisse ; elle atteint 1 millimètre. Au lieu d'être lisse, elle présente de nombreuses inégalités : elle est comme ehagrinée.

1. *Comptes rendus*, séance du 2 novembre 1868.

Des veines noires et très minces traversent toute la masse, semblables à celles souvent signalées dans les météorites.

Examinée en tranches minces au microscope, la pâte de la pierre de Sauguis se montre entièrement cristalline et très active sur la lumière polarisée; c'est une sorte de brèche à parties très petites, transparentes et incolores. Çà et là sont disséminés des grains opaques dont quelques-uns sont ocreux, et paraissent résulter d'une oxydation du fer nickelé pendant le travail de la tranche. Du fer sulfuré s'y reconnaît, ainsi que du fer chromé.

J'ai trouvé pour la densité de cette pierre à 8°,5 le nombre 3,369.

L'aimant sépare de la substance réduite en poussière 8,05 pour 100 de matière magnétique contenant du sulfure, mais seulement en très petite quantité. La plus grande partie du sulfure est inaltérable.

Abstraction faite de la faible quantité de sulfure qui l'accompagne, la matière magnétique renferme :

Fer.	93,88
Nickel	6,12
	100,00

La proportion de la matière attaquable privée de fer nickelé s'élève à 68,600 pour 100. Son analyse m'a donné :

		Oxygène.	
Silice.	30,275		16,15
Magnésie.	33,607	13,13	13,63
Protoxyde de fer	2,021	0,44	
Potasse.	0,406	0,06	
Soude.	traces		
Sulfure de fer.	3,044		
	69,353		

J'ai trouvé les nombres suivants comme résultat de l'analyse de la matière inattaquable qui représente 23,350 pour 100 du poids total de la pierre :

		Oxygène.	
Silice.	14,604		7.79
Magnésie.	5,802	2,26	2,848
Protoxyde de fer.	2,001	0,44	
Chaux	0,500	0,14	
Potasse.	0,048	0,008	
Alumine. . . . . / Sesquioxyde de fer. . . .	0,604		
Sesquioxyde de chrome. .	0,012		
	23,571		

Cette partie inattaquable n'a pas offert la moindre trace de soude.

En résumé la météorite de Sauguis, outre le fer chromé que semble indiquer le sesquioxyde de chrome signalé ci-dessus, renferme sur 100 parties :

Fer nickelé	8,050
Sulfure de fer.	3,044
Silicates attaquables	66,909
Silicates inattaquables	25,571
	101,574

Waconda. — Densité, 3,58, d'après Shepard[1].

La roche est d'un blanc grisâtre et renferme de petits grains de fer nickelé légèrement oxydés. La pyrrhotine forme des granules parfois assez grands ou des agrégations de cristaux imparfaits. M. Shepard a reconnu la présence de beaucoup de péridot.

D'après Smith[2] on y distingue :

Matière pierreuse	90,81
Fer nickelé	5,54
Troïlite	3,85
	100,00

Le fer nickelé renferme :

Fer	86,18
Nickel	12,02
Cobalt	0,91
Cuivre	0,04
Phosphore	non dosé
	99,15

La partie pierreuse, traitée par un grand excès d'eau régale, donne :

Partie soluble	69,00
Partie insoluble	41,00
	110,00

La première renferme :

Silice	34,52
Protoxyde de fer	30,01
Magnésie	32,50
Alumine	0,43
Manganèse	0,61
Soude avec traces de potasse et de lithine	0,89
	98,96

1. *Amer. Journ.*, 3e série, t. XI, p. 473.
2. *Id.*, 3e série, t. XIII, p. 211.

La matière insoluble contient :

Silice	54,02
Protoxyde de fer	18,10
Magnésie	23,45
Alumine	2,30
Manganèse	0,36
Soude	1,58
Chaux	traces
	99,81

On n'a pas assisté à la chute de cette pierre. Elle fut trouvée sur l'herbe au fond d'un ravin à 2 milles de Waconda.

Virba. — Densité, 3,39 (Stanislas Meunier).

La Bécasse. — La météorite de la Bécasse pèse $2^{kg},800$ [1]; sa forme est grossièrement celle d'une pyramide à base quadrangulaire, dont les angles seraient émoussés. Sa surface est entièrement recouverte d'une croûte noire et terne.

Sa pâte est d'un gris clair, à grains fins, parsemée de nombreux grains métalliques, eux-mêmes également très fins. Elle paraît principalement formée de péridot et d'un bisilicate, tel que le pyroxène ou l'enstatite; les grains métalliques consistent en fer nickélé, accompagné de troïlite.

On remarque que les grenailles métalliques, assez nombreuses et pour la plupart peu volumineuses, sont toutes entourées d'une auréole ocracée. La matière oxydée paraît provenir, pour la plus grande partie, d'un peu de chlorure de fer dont j'ai reconnu avec évidence la présence dans cette pierre.

Les auréoles ocreuses se voient très nettement sur une portion de la roche qui a été sciée.

Middlesborough. — Cette météorite renferme, d'après M. Flight, 9,379 pour 100 de fer nickelé qui contient lui-même 21,32 pour 100 de nickel, proportion tout à fait exceptionnelle. Les 90,621 pour 100 de matière pierreuse se divisent en :

Silicates solubles	54,315
Silicates insolubles	36,306
	90,621

La portion soluble a donné :

Silice	41,100
Protoxyde de fer	27,960
Magnésie	30,940
	100,000

chiffres qui correspondent à une olivine de la forme :

$$2\left(\frac{1}{5}\ \text{Fe}\ \frac{2}{5}\ \text{Mg}\right)\text{O,SiO}^2.$$

1. *Comptes rendus,* t. LXXXIX, p. 598.

La partie insoluble renferme :

Silice	55,389
Alumine	4,770
Protoxyde de fer	23,580
Chaux	4,373
Magnésie	11,043
Alcalis	non dosés
	99,155

Le silicate prédominant est une bronzite à chaux, magnésie et fer, fort analogue au pyroxène des météorites alumineuses de Stannern et de Juvinas. Le minéral alumineux est sans doute du labrador, et il est probablement cantonné dans les chondres.

Alfianello. — Le poids de la météorite d'Alfianello, sur lequel on n'est pas bien d'accord, puisqu'elle fut immédiatement réduite en morceaux, ne devait pas être beaucoup au-dessous de 200 kilogrammes. Le professeur Bombici en emporta plus de 25 kilogrammes à Bologne, pour en doter la riche collection de météorites qu'il a réunie au musée de minéralogie de l'Université de cette ville [1].

La substance est finement granulaire, d'un gris cendré ; dans les surfaces polies, elle apparaît finement grenue et bréchiforme, avec des éléments offrant diverses gradations de couleur.

De nombreux grains métalliques y sont disséminés ; on y trouve de petits nids dans lesquels on voit le fer et peut-être une de ses combinaisons à éclat métalloïde et d'un blanc jaunâtre ou bronzé. Des auréoles de rouille se forment rapidement autour des parcelles de fer.

A part les portions où le fer est très concentré, les grains métalliques de la matière pierreuse sont dans la proportion de poids de 68 pour 1000. L'écorce noirâtre est âpre, rude, en quelque sorte grumeleuse dans quelques parties de la surface, et plutôt lisse et unie dans d'autres ; elle est peu luisante en général.

Le poids spécifique total est de 3,47 à 3,50 [2].

L'analyse de M. de Foulon [3] a donné :

Silice	39,14
Protoxyde de fer	17,42
Alumine	0,93
Magnésie	25,01
Chaux	1,96
Soude	0,75
Potasse	0,10
Fer	11,31
Nickel	1,09
Soufre	2,71
	100,42

1. *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 807.
2. Voyez la brochure de M. Luigi Bombicci, *Reale Accademia dei Lincei* (1882-83), ainsi que l'étude chimique de M. Cavazzi dans : *Memorie del Accademia della Scienza dell' Instituto di Bologna*, série IV, t. IV, p. 613. 1883.
3. *Akad. der Wissenzu. Wien.*, t. LXXXVIII, 7 juin 1883.

M. de Foulon a interprété les résultats de son analyse de la manière suivante :

Fer nickelé	7,66
Pyrrhotine	7,45
Bronzite et feldspath	41,37
Olivine	43,77
	100,25

32e TYPE.

LIMERICKITE. (Stan. Meun.)

Roche d'un gris cendré bleuâtre, cohérente, renfermant de petits grains blancs plus friables. — *Densité :* 3,621 à 4,230 (Apjohn). — *Composition minéralogique :* La masse principale est formée de silicates magnésiens, dont quelques-uns résistent à l'action des acides, tandis que les autres sont attaqués. Le fer nickelé et la troïlite sont facilement visibles. Le fer chromé est décelé par l'analyse.

Chutes principales :
1753, 3 juillet. Tabor, Plan, Strkow (Bohême).
1794, 16 juin. Siène, San Giovani d'Asso (Toscane, Italie).
1807, 14 décembre. Weston (Connecticut, États-Unis).
1813, 10 septembre. Limerick, Adare (Irlande).
1857, 10 octobre. Ohaba, Karlsburg (Transylvanie).
1872, 28 juin. Tennasilm, Turgel (Esthonie, Russie).

Tabor. — C'est d'après les caractères d'un très petit échantillon que j'ai d'abord rapporté cette chute au type limerickite. Un plus gros fragment, parvenu très récemment au Muséum et que je n'ai pu encore examiner, me fait présumer que cette assimilation n'est que provisoire.

D'après l'analyse de Howard[1], la météorite de Tabor renferme :

Silice	45,45
Magnésie	17,27
Sesquioxyde de fer	42,72
Protoxyde de nickel	2,72
	108,6

La partie métallique malléable se compose de :

Fer	89,28
Nickel	10,92
	100,20

Densité : 3,6528, d'après Rumber.

Siène. — Densité : 3,590, d'après Rumler.

1. *Phil. Trans.*, 1802.

Analyse de Klaproth :

Silice	44,0
Magnésie	22,5
Protoxyde de fer	25
Protoxyde de manganèse	0,25
Fer	2,25
Nickel	0,6
Soufre. Protoxyde de nickel	5,4
	100,00

Weston. — Analyse de Warden[1] :

Silice	41
Sesquioxyde de fer avec nickel	30
Magnésie	16
Soufre	2,5
Chaux	3
Alumine	1
Fer chromé	2,5
Protoxyde de manganèse	1,5
	96,9

Densité : 3,5854, d'après Rumler :

Limerick. — Densité : 3,6496, d'après Rumler.

Analyse de Apjohn[2].

Analyse de la masse totale :

Silice	39,10
Magnésie	21,52
Chaux	0,26
Protoxyde de fer	8,85
Fer chromé	2,30
Fer	24,81
Nickel	1,14
Soufre	1,50
Alcali	0,74
	99,22

Analyse de la partie non magnétique.

Silice	44,12
Magnésie	31,36
Protoxyde de fer	18,26
Protoxyde de nickel	0,33
Fer	3,92
Soufre	2,04
	100,03

1. *Gilb. Ann.*, t. XXIX, p. 353 et XLII, p. 210.
2. *Gilb. Ann.*, t. LX, p. 233. — *Transact. Irish. Acad.*, t. I, p. 17. — *Soc. chim. de Londres*, février 1874.

Composition minéralogique :

Portion métallique	19,07
Pyrrhotine	6,54
Fer chromé	1,75
Silicate soluble	35,44
Silicate insoluble	37,07
	99,87

Ohaba. — Densité : 3,1103, d'après Grailich.

Analyse de Bukessen [1] :

Fer	21,40
Nickel	1,80
Pyrrhotine	13,14
Silice	36,60
Magnésie	23,45
Protoxyde de fer	1,75
Protoxyde de manganèse	0,15
Alumine	0,28
Potasse. / Soude	0,98
Chaux	traces.
Fer chromé	0,56
	100,11

L'acide sépare une partie attaquable :

Silice	43
Magnésie	57
	100

et une partie inattaquable :

Silice	64,10
Magnésie	29,08
Chaux	1,09
Soude	1,09
Protoxyde de manganèse	0,33
Protoxyde de fer	3,90
Alumine	0,62
	100,21

Analyse minéralogique :

Silicates inattaquables { Augite. / Feldspath	44,83
Silicate attaquable, olivine	18,27
Fer nickelé	23,76
Fer sulfuré	13,14
	100,00

1. Cité dans *Meteoriten in Sammlungen.*

33e TYPE.

MONTRÉJITE. (STAN. MEUN.)

Roche essentiellement oolithique, d'un gris de cendre. Le ciment qui réunit les globules est réduit à un réseau très peu épais. La roche est peu cohérente et les globules se séparent aisément. — *Densité :* (moyenne d'un grand nombre de mesures) 3.55. — *Composition minéralogique :* Les globules paraissent formés d'un mélange de pyroxène et d'albite. Le ciment est de nature péridotique. On y trouve du fer nickelé, de la troïlite, etc.

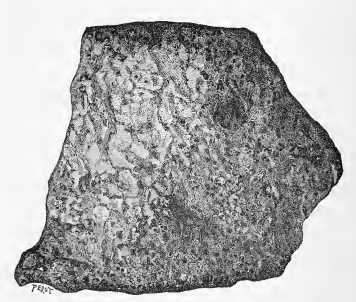


Fig. 58. — Montréjite tombée le 9 décembre 1858 à Montréjeau (Haute-Garonne). Grandeur naturelle.

Chutes principales :

1806, 19 avril. Parme, Casignano, Borgo-San-Donino (Italie).
1829, 8 mai. Forsyth (Georgie, États-Unis).
1839, 13 février. Little Piney, Pulasky (Missouri, États-Unis).
1845, 25 janvier. Louans (Indre-et-Loire, France).
1857, 27 décembre. Pégu, Quenggouck (Inde).
1858, 9 décembre. Montréjeau, Ausson, Clarac (Haute-Garonne, France).
1862, 1er novembre. Séville (Andalousie, Espagne).
1865, 21 septembre. Muddoor (Inde).
1865, 23 mai. Gopalpur, Jessore (Indes).
1868, juin. Pnompehn (Cambodge).
1869, 1er janvier. Hessle, Arno (Suède).
1871, 31 mai. Searsmont, Waldo Cy (Maine, États-Unis).

1873, juin. Jhung. Pundjab (Inde).
1875, 4 mars. Sitathali, Ræpur (Rajpootanah, Inde).
1876, 21 décembre. Rochester, Fulton Cy (Indiana, États-Unis).

Parme. — Analyse de Guedotti[1] :

Silice	50,0
Magnésie	19,0
Protoxyde de fer	28,0
Protoxyde de manganèse	1,5
Protoxyde de nickel	2,5
Sesquioxyde de chrome	1,0
Soufre	4
	106,0

Densité, 3,39 à 3,46.

Forsyth. — Densité, 3,4582.

Analyse de Shepard[2] :

Silice	50,00
Protoxyde de fer	35,33
Magnésie	9,30
Chaux	5,70
Alumine	1,80
	99,73

Il en conclut la composition immédiate suivante :

Fer nickelé	10
Howardite	70
Minéral péridotique }	15
Anorthite }	
Pyrite magnétique	5
Apatite	traces
	100

Le fer nickelé renferme :

Fer	89
Nickel	9,6
Chrome et perte	1,4
	100,0

Little Piney. — Densité : 3,5, d'après Shepard.

D'après Shepard la masse de la pierre se compose de :

Minéral péridotique	40
Howardite	40
Fer nickelé et pyrrhotine	15
Anorthite	5
Apatite	traces
	100

1. *Gilb. Ann.*, t. XXIX. p. 210, et t. XXXIII, p. 198.
2. *Sillim. Amer. Journ.*, t. XVIII, p. 388.

Pégu. — Densité : 3,737, d'après Haidinger[1].

Montréjeau. — Analyses de Harris[2].

Partie magnétique	8,41
Partie non magnétique	91,59

Analyse de la partie magnétique :

Fer	84,71
Nickel	12,11
Cobalt	0,72
Manganèse	0,50
Soufre	2,14
Phosphore	traces
	100,18

L'acide chlorhydrique sépare la partie non magnétique en : 1° partie inattaquable.

Silice	52,90
Magnésie	24,82
Protoxyde de fer	10,00
Alumine	5,96
Protoxyde de manganèse	0,31
Soude	2,98
Potasse	0,48
	97,45

2° Partie attaquable :

Silice	38,25
Magnésie	32,48
Protoxyde de fer	28,90
Protoxyde de manganèse	0,37
	100,00

Densité : 3,50, d'après Chancel et Moitessier[3].

Voici, d'après M. Damour, la composition immédiate de la pierre :

Fer nickélifère	11,60
Pyrite magnétique	3,74
Fer chromé	1,83
Péridot	44,83
Pyroxène Albite	38,00
	100,00

1. *Wien. Akad. Ber.*, t. XLI, p. 750. — Voy. aussi t. XLIV, p. 5, décembre 1861.
2. *Annal. der Chem. und. Pharm.*, t. CX, p. 181.
3. *Comptes rendus*, t. XLVIII, p. 267 et 479.

La figure 59 en représente la structure microscopique.

Fig 59. — Montréjite tombée le 9 décembre 1858 à Montréjeau (Haute-Garonne). Lame mince vue au microscope.

Muddoor (fig. 60). — Analyse de Crook [1]:

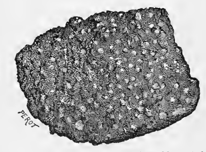


Fig. 60. — Montréjite tombée le 21 septembre 1865 à Muddoor (Indes). Grandeur naturelle.

Fer sulfuré (pyrrhotine)	4,293
Fer nickelé	9,103
Fer chromé	0,237
Silicates	85,683
	99,316

Ces silicates consistent en olivine, labrador et augite.

1. *Diss. Gottgn.*, 1868.

Gopalpur. — Analyse d'après Exner [1] :
Partie métallique :

Fer	20,96
Nickel	1,80
Cobalt	0,10
Soufre	1,74
	24,60

L'auteur regarde cette matière comme un mélange de fer nickelé et de pyrrhotine.

La partie silicatée abandonne à l'acide :

Silice	10,97
Alumine	0,15
Protoxyde de fer	7,36
Magnésie	9,93
Chaux	0,21
	28,62

Le résidu insoluble contient :

Silice	26,45
Alumine	2,37
Protoxyde de fer	4,58
Protoxyde de manganèse	0,26
Magnésie	9,79
Chaux	1,39
Soude	0,62
Potasse	8,21
Fer chromé	traces
	98,92

L'analyse minéralogique peut donc s'exprimer de la façon suivante :

Fer nickelé	20,55
Pyrrhotine	4,44
Olivine	28,86
Bronzite	35,60
Minéral feldspathique	10,75
Fer chromé	traces
	100,00

Hessle. — Cette météorite a été l'objet d'un mémoire très important de M. Nordenskiold ; nous lui empruntons les données suivantes [2].

1. *Mineralogische Mittheilungen*, 1872, p. 41.
2. *Kongl. Svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar*, tome VIII, n° 9.

La densité des météorites d'Arno-Hessle varie suivant les échantillons de 3,671 à 4,048.

Leur analyse a donné :

Silice	36,75
Protoxyde de fer	13,36
Magnésie	26,06
Chaux	1,50
Alumine	2,38
Soude	1,03
Fer	16,42
Nickel	1,98
Cobalt	traces
Phosphore	traces
Soufre	0,37
Oxyde d'étain et oxyde de cuivre	0,01
Résidu insoluble renfermant du chrome	0,52
	100,00

Le silicate, séparé mécanique et privé des matériaux magnétiques, contient :

Silice	48,21
Protoxyde de fer	14,16
Magnésie	30,38
Protoxyde de manganèse	0,55
Chaux	2,36
Alumine	3,11
Soude	1,23
	100,00

Ce silicate, soumis à l'action de l'acide de soude en :

Partie attaquable	56,2
Partie inattaquable	43,8
	100,0

La partie attaquable contient :

Silice	33,92
Protoxyde de fer	22,50
Magnésie	36,61
Chaux	1,40
Alumine	4,12
Nickel	traces
Perte (alcalis)	1,45
	100,00

La portion inattaquable a donné :

Silice..	57,54
Protoxyde de fer.	10,19
Magnésie	21,13
Chaux.	2,92
Alumine.	2,92
Résidu.	2,74
Perte (alcalis)..	2,56
	100,00

Le fer nicklé a donné :

Fer	88,23
Nickel.	11,30
Cobalt.	0,11
Phosphore.	0,32
	100,00

M. Nordenskiold admet que la composition minéralogique de la météorite de Hessle consistnee

Fer nickelé.	20
Labrador ou anorthite	10
Olivine.	37
Enstatite ou autres minéraux pyroxéniques	23
Pyrrhotine	10
Charbon.	traces
Sels solubles dans l'eau.	traces
	100

Searsmont. — Densité : 3,626 à 3,701, Smith[1].

Le fer nickelé et la pierre furent séparés mécaniquement :

Matière lithoïde comprenant un peu de sulfure de fer	85,38
Fer nickelé	14,62
	100,00

Le fer donne :

Fer.	90,02
Nickel	9,05
Cobalt	0.43
	99,50

Le plomb et le cuivre ne furent pas dosés.

La partie pierreuse, traitée par le mélange d'acide chlorhydrique et d'acide azotique, donne :

Partie soluble	52,3
Partie insoluble	47,7
	100,0

1. *Sill. Amer. Journ.*, 3e série, t. II, p. 200, 1871.

La partie soluble renfermait :

Silice.	40,01
Protoxyde de fer	19,21
Magnésie	36,34
FeS.	3,06
	98,62

Laissons de côté le sulfure, qui est évidemment un mélange : il reste manifestement de l'olivine.

La partie insoluble était constituée comme suit :

Silice.	56,25
Protoxyde de fer	13,02
Alumine	2,01
Magnésie	24,14
Potasse, soude avec traces de lithine. . . .	2,10
Fer chromé (petites écailles noires).	*non dosé*
	97,52

Ces résultats donnent pour la composition de la pierre :

Fer nickelé	16,63
Pyrite magnétique.	3,06
Olivine	43,04
Bronzite, hornblende avec un peu d'albite ou d'orthoclase, et fer chromé	39,27
	102,00

Rochester. — La texture de la météorite de Rochester[1] est globulaire et, par la simple pression des doigts, on peut en dégager de petits grains sphériques, de 2 ou 3 millimètres de diamètre ; après avoir séparé quelques globules de la pâte, M. L. Smith[2] a reconnu qu'ils ont exactement la composition de cette dernière : comme elle, ils renferment de petits grains de fer nickelé.

La densité, d'après une moyenne, est de 3,55.

En examinant au microscope une tranche mince de cette roche, on y distingue des silicates constitutifs et rien qui ressemble à l'anorthite ; il en est de même des globules examinés dans les mêmes conditions.

D'après Smith, elle renferme :

Partie attaquable dans l'acide chlorhydrique.	47,80
Partie inattaquable	52,20
	100,00

1. *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 677.
2. *Sillim. Amer. Journ.*, 3e série, t. XIV, p. 219 (1877).

La partie soluble contient :

Silice	34,55
Protoxyde de fer	27,75
Alumine	traces
Chaux	traces
Magnésie	36,38
Soude	0,46
	99,14

La partie insoluble a donné :

Protoxyde de fer	11,04
Silice	57,81
Alumine	0,23
Chaux	5,31
Magnésie	24,97
Oxyde de chrome	0,10
Soude	0,84
	100,30

Le fer nickelé séparé mécaniquement contenait :

Fer	94,49
Nickel	4,12
Cobalt	0.51
	99,12

L'analyse minéralogique a été réalisée au moins partiellement. M. Smith pense que la météorite renferme :

Bronzite et minéraux pyroxéniques	46,00
Minéraux péridotiques	41,00
Fer nickelé	10,00
Pyrrhotine	3,00
Fer chromé	0,15
	100,15

34e TYPE.

RICHMONDITE. (Stan. Meun.)

Roche lâche, cellulaire, résultant de la juxtaposition de grains blancs, noirs et jaunes. De toutes parts brillent des facettes cristallines. La roche prend bien le poli. — *Densité :* 3,29 (Shepard) à 3,3713 (Rumler). — *Composition minéralogique :* Le péridot domine dans cette roche. Il est mêlé de silicate magnésien plus acide, de labrador, de troïlite, de fer nickelé. On y a signalé du phosphate de chaux.

Chute unique : 1828, 4 juin. Richmond, Chesterfield County, Virginie (États-Unis d'Amérique).

Richmond. — Densité : 3,3713, d'après Rumber.

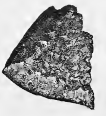


Fig. 61. — Richmondite tombée le 4 juin 1828 à Richmond (Virginie). Grandeur naturelle.

Analyse de Shepard [1] :

Silice	42,3
Magnésie	31,46
Protoxyde de fer	20,65
	94,41

Ainsi que de la soude, du sesquioxyde de chrome et du soufre.

35e TYPE.

TIESCHITE. (Stan. Meun.)

Roche pierreuse granitoïde résultant de l'association de cristaux diversement colorés :

Densité 3.6 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique :* Mélange de péridot de pyroxène et peut-être d'un feldspath.

Chute unique :
1878, 15 juillet. Tieschitz (Moravie).

Tiechitz. — D'après une analyse de M. Habermann [2] la météorite renferme.

Silice	40,23
Alumine	1,93
Protoxyde de fer	19,48
Protoxyde de manganèse	0,32
Magnésie	20,55
Chaux	1,54
Soude	1,53
Fer métallique	10,26
Nickel	1,31
Soufre	1,65
Acide phosphorique	0,23
	99,02

1. *Sillim. Amer. Journ.*, t. XV, p. 195, t. XVI, p. 191, t. XLII, p. 102, et 2e série, t. VI, p. 411.
2. Voy. un Mémoire de MM. Makowsky et Tschermak dans *Denskschr. Ak. Wien*, t. XXXIX, p. 187 à 202, 1878.

Ces éléments peuvent être groupés ainsi :

Silicates	85,80
Pyrrhotine	4,08
Fer nickelé	9,14
	99,02



Fig. 62. — Tiescbite tombée le 15 juillet 1878 à Tieschitz (Moravie). Lame mince vue au microscope.

Les silicates renferment :

Silice	46,88
Alumine	2,25
Protoxyde de fer	22,70
Protoxyde de manganèse	0,37
Magnésie	23,95
Chaux	1,79
Soude	1,78
Acide phosphorique	0,25
	99,97

Quant à la composition minéralogique, on peut admettre qu'elle consiste en :

Olivine	38,79
Bronzite et enstatite.	33,84
Augite	14,01
Pyrrhotine.	4,08
Fer nickélifère	9,28
	100,00

L'examen microscopique (fig. 62) confirme cette hypothèse ; les minéraux discernables sont en effet : l'olivine, la bronzite, l'enstatite, quelque peu d'augite, de pyrrhotine et de fer nickelé.

36e TYPE.

QUINCITE. (Stan. Meun.)

Roche pierreuse compacte, à cassure cireuse. — *Densité :* 3,54 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique :* mélange de minéraux silicatés magnésiens avec des grenailles métalliques.

Chute unique :
1851, en été. Quinçay (Vienne).

Le tout petit échantillon du Muséum indique évidemment un type particulier, mais nous n'avons encore à son égard aucun renseignement précis.

37e TYPE.

TADJÉRITE. (Stan. Meun.



Fig. 63. — Tadjérite tombée le 31 octobre 1872 à Orvinio (Italie). Surface polie : grandeur naturelle.

Roche noire, compacte, très dure et prenant bien le poli. Elle renferme des portions irrégulières arrondies, peu abondantes, grisâtres, à cassure cireuse. — *Den-*

sité: 3,54 (Mœvus) à 3,595 (Stanislas Meunier). — *Composition minéralogique:* L'analyse minéralogique n'a pas été faite, toutefois on a reconnu la présence prépondérante de silicates magnésiens voisins, les uns du péridot, les autres du pyroxène, et parmi ceux-ci de l'enstatite incolore (victorite), des traces de feldspath, du fer nickelé, de la chromite et de la troïlite.

Chutes principales :
1860. Deniliquin, Baratta (Nouvelle-Galles du Sud).
1867, 9 juin. Tadjéra, Guidjell, Sétif (Algérie).
1872, 31 octobre. Orvinio, Rome (Italie).
1874, 12 mai. Koursk, Sewruskowo, Belgorod (Russie).

Tadjéra. — A la suite de l'explosion du bolide de Sétif, on a recueilli deux pierres pesant, l'une 5^{k},760, l'autre 1^{k},700. La première, à peu près intacte, est exposée dans la galerie de Géologie au Muséum; la seconde a été brisée par les Arabes, mais ses fragments sont presque tous venus se réunir à la première et figurent maintenant dans notre grande collection de météorites.

C'est à peu près de la manière suivante que ces pierres ont été décrites au point de vue minéralogique par M. Daubrée dans un Mémoire où se trouvent consignés les résultats analytiques que j'ai obtenus [1]. L'échantillon principal a presque entièrement conservé la surface qu'il avait au moment de la chute et présente grossièrement la forme d'une pyramide à quatre faces dont les angles seraient tronqués.

La teinte noire que présente assez uniformément la météorite de Sétif, la distingue de la plupart des autres pierres extra-terrestres. Dans la pâte noire et mate sont disséminées cependant quelques parties grises et lithoïdes; on y voit aussi des grains à éclat métallique de deux espèces.

Les uns, jaune de bronze, consistent en sulfure ou troïlite. Ils sont remarquablement nombreux, la plupart très petits, et imprègnent toute la masse. Cependant quelques-uns sont beaucoup plus volumineux, présentent des dimensions de 4 à 5 millimètres et l'un même de 18 millimètres [2]. Quoique durs, ils s'égrènent assez facilement sous la pression d'une pointe d'acier. Les autres grains à éclat métallique se distinguent des premiers, d'abord parce qu'ils sont gris d'acier; en outre, au lieu d'être cassants comme les premiers, ils sont tenaces et malléables; enfin, ils sont de forme tout à fait tuberculeuse. Beaucoup ont 2 ou 3 millimètres, et quelques-uns atteignent 8 millimètres; ils sont répartis d'une manière très variable; dans quelques parties ils sont très rapprochés et on peut en reconnaître trois ou quatre dans un centimètre carré. Ils consistent en fer nickelé. La cassure ne les montre qu'à un œil très attentif, tandis qu'ils apparaissent nettement sur une surface polie. Dans cette même circonstance, le sulfure, tout à l'heure si net, s'efface au contraire.

La masse lithoïde noire dans laquelle ces grains métalliques sont disséminés, et qui forme la plus grande partie de la pierre, est très dure; elle ne se raye pas à la pointe d'acier; elle raye fortement le verre, et avec la plus grande facilité: cette météorite est également d'une ténacité exceptionnelle.

1. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 16 mars 1868.
2. Voyez à cet égard la figure 11, insérée page 61 du présent travail.

Lorsqu'on examine au microscope une tranche assez mince pour être transparente (fig. 64), on est surpris de rencontrer, au lieu de la teinte noire et uniforme de la cassure, beaucoup de parties transparentes et incolores qui se sont isolées. Elles

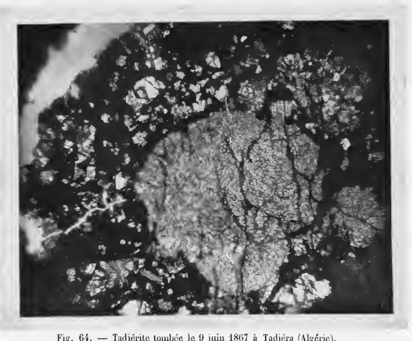


Fig. 64. — Tadjérite tombée le 9 juin 1867 à Tadjéra (Algérie). Lame mince vue au microscope.

occupent même souvent plus de la moitié de la superficie totale. Ces grains incolores sont entièrement à l'état cristallin et agissent sur la lumière polarisée. Beaucoup d'entre eux présentent des contours hexagonaux dont la disposition rappelle la section de certains prismes rhombes, à arêtes tronquées, tels qu'en présentent souvent le péridot et le pyroxène. Certains de ces cristaux sont fendillés irrégulièrement, à la manière de ceux des trachytes. D'autres présentent des stries parallèles dues, soit à des plans de clivage, soit à l'existence de faisceaux parallèles d'aiguilles d'enstatite.

Les pierres de Sétif se distiuguent des autres météorites par l'absence de la croûte vitreuse ou *vernis;* toutefois leur surface externe diffère des parties intérieures que montre la cassure, parce qu'elle est unie et polie comme par l'effet d'un frottement qui aurait laissé en saillie les nombreux grains de fer nickelé. Aussi, cette surface, au lieu d'être rude comme la cassure fraîche, est-elle douce au toucher. Nous reviendrons sur l'absence de croûte chez les météorites noires.

Il a fallu la température des essais de fer pour liquéfier la pierre de Sétif. Par la fusion, cette pierre perd sa matière colorante noire.

J'ai trouvé pour la densité de la météorite de Sétif le nombre de 3,595, obtenu par une température de 11 degrés.

Réduite en poudre, cette pierre abandonne au barreau aimanté 8,32 pour 100 de substance magnétique, consistant exclusivement en fer nickelé qui m'a donné pour 100 parties :

Fer	91,6
Nickel	8,4
	100,0

Traitée par l'acide chlorhydrique, elle est partiellement attaquée et dégage beaucoup d'hydrogène sulfuré. La partie attaquable, y compris le fer nickelé, s'élève à 71,20 pour 100 du poids total et renferme :

		Oxygène	
Silice	24,70		13,17
Magnésie	23,36	9,12	10,48
Protoxyde de fer	6,10	1,36	
Soude	traces		
Alumine	0,44		
Sulfure de fer	8,04		
Fer nickelé	8,32		
	70,96		

La partie inattaquable ne représente que 28,80 pour 100 du poids de la pierre. Son analyse m'a donné :

Silice	14,50		7,73
Magnésie	2,52	0,90	3,44
Protoxyde de fer	8,08	1,79	
Chaux	2,66	1,79	
Soude, potasse	traces	»	
Alumine	1,20		
Sesquioxyde de chrome	0,12		
	28,88		

La partie attaquable renferme, comme on voit, un peu plus de silice que n'en exige la formule du péridot. L'idée qui se présente naturellement serait d'attribuer cet excès à la présence d'un silicate plus riche en acide silicique et partiellement attaquable. Toutefois la quantité d'alumine n'autorise pas à admettre l'existence d'un feldspath en quantité notable.

La composition minéralogique de la pierre de Sétif peut donc être exprimée comme il suit :

Silicate attaquable	50,46
Silicate inattaquable	33,08
Fer chromé	0,20
Sulfure de fer (troïlite)	8,04
Fer nickelé	8,32
	100,00

Orvinio. — M. de Rossi a fait l'examen minéralogique de la météorite d'Orvinio.

Les fragments ne diffèrent entre eux que par leur forme extérieure. Le plus gros, qui pèse 1,242 grammes, a la forme d'un œuf dont les deux extrémités sont perdues. Une parcelle fut analysée par M. Giuseppe Bellucci, de Pérouse. Le second fragment, plus petit, du poids de 432 grammes seulement et de forme irrégulière, anguleux, a été rompu brusquement par le choc, probablement sur les roches calcaires du sol d'Orvinio. Il a six faces, dont une seule représente la surface qu'on pourrait dire naturelle avec la croûte; les autres sont toutes le résultat d'une fracture mécanique.

On voit dans la croûte des traces circulaires d'une apparence presque scoriacée. On voit aussi des lames luisantes de fer nickélifère ou troïlite. On aperçoit quelques globules de fer chromé en partie fondus, et brillant d'un noir velouté. La fracture est granuleuse, de couleur gris de fer, avec des irisations azurées, quelquefois d'un aspect semblable au graphite par son éclat. Les deux morceaux, mais spécialement le plus gros, quoique compacts, sont profondément fendus par des chocs très violents, ce qui semble devoir être attribué à l'explosion plus qu'au choc contre la terre. En effet, le morceau le plus gros est tombé sur un terrain meuble, dans lequel il a pu former un trou d'un diamètre d'environ 60 centimètres et d'une profondeur égale, entraînant avec lui quelques tiges de plantes qu'il carbonisa en partie, dont il incorpora une partie dans sa patine, et qui étaient visibles après qu'on l'eut recueilli.

Les échantillons essayés à l'aiguille magnétique ont montré une faible polarité magnétique suivant le petit axe des morceaux. Mais la sensibilité de l'aiguille a été beaucoup plus grande dans les parties recouvertes par la croûte que dans les parties qui présentaient la fracture découverte de la roche.

La densité de la météorite d'Orvinio, évaluée d'après M. Bellucci, est 3,701 à la température de 4°. Pour M. Ferrari elle est de 3,731.

Cette météorite contient 29,04 pour 100 de parties magnétiques; soumise au traitement répété de l'acide chlorhydrique, elle a cédé 45,04 pour 100 de matières solubles.

Traitée par l'eau, elle n'a pas perdu sensiblement de son poids, bien qu'elle cédât à ce liquide de faibles quantités de chlorure de potassium et de sodium, et de ce dernier une proportion plus grande que du premier. Le liquide aqueux provenant du traitement de la poudre de la météorite passa trouble au filtre, et l'on ne l'obtint

limpide qu'en le filtrant trois fois avec un filtre double. A 120° la poudre de la météorite perdit 1,875 de son poids; portée au rouge, elle ne présenta pas d'autre diminution. Voici la constitution chimique de la météorite, séchée à 120°:

Silice	46,72
Alumine	16,84
Magnésie	1,97
Fer métallique	25,59
Fer oxydé	4,82
Soufre	2,24
Nickel (avec trace de cobalt)	1,57
Perte	0,45
	100,00

Les épreuves qualitatives ont prouvé qu'il existe encore dans la météorite des traces de chaux, de chrome, de sodium, de manganèse, d'arsenic, de phosphore.

Koursk. — D'après Rumler, la densité de la pierre de Koursk est égale à 3,55.

38e TYPE.

CHANTONNITE. (Stan. Meun.)



Fig. 65. — Chantonnite tombée en 1859 à Mexico (îles Philippines). Surface polie; grandeur naturelle.

Roche pierreuse pseudo-fragmentaire où des parties d'un gris de cendre sont reliées par des veines noirâtres. Des grenailles métalliques sont disséminées de toutes parts. La roche prend très bien le poli. — *Densité :* de 3,44 (Schreibers) à 3,66 (Rumler). Densité d'après Rumler : de la partie claire, 3,47; de la partie foncée, 3,48. — *Composition minéralogique :* Cette roche est formée de péridot magnésien, de fayalite, de pyroxène et de feldspath associé à des grenailles de fer nickelé et de pyrrhotine.

Chutes principales :

1753, 2 septembre. Luponnas, Bourg (Ain, France).
1798, 12 mars. Salles, Villefranche (Rhône France).
1805, 25 mars. Doroninsk, Irkoutsk (Russie).
1812, 5 août. Chantonnay (Vendée, France).
1814, 5 septembre. Agen, Castel-Moron (Lot-et-Garonne, France).
1851, 5 novembre. Nullès, Tarragone (Espagne).
1852 (*trouvée*). Mayence (grand-duché de Hesse).
1858, 14 décembre. Murcie (Espagne).
1859, Beuste (Basses-Pyrénées, France).
1859, Mexico, Pampanga (îles Pilippines).
1860, 2 février. Alexandrie, Saint-Julian (Italie).
1863, 11 août. Shytal, Dacca (Indes).
1865, 19 janvier. Bubuowly, Indigo-Factory, Supuhee, Goruckpur (Indes).
1868, 30 janvier. Pultusk, Varsovie (Pologne).
1876, 28 juin. Stalldalen (Suède).

Luponnas. — Densité, 3,6612.

Salles. — Analyses de Howard[1].

Partie pierreuse :

Silice	50,00
Magnésie	24.66
Protoxyde de fer	32,00
Protoxyde de nickel	1,33
	107,99

Partie métallique:

Fer	86,66
Nickel	13,34
	100,00

Densité : 4,2402, d'après Rumler.

1. *Gilb. Ann.*, t. XV, p. 318.

Doroninsk. — Analyse de Sheerer[1] :

Silice	40,50
Magnésie	9,00
Chaux	6,25
Protoxyde de manganèse	1,25
Sesquioxyde de chrome	2,00
Alumine	3,25
Fer	18,50
Nickel	10,00
Soufre	8,12
	98,87

Densité : 3,6154, d'après Rumler.

Chantonnay. — Analyses de Berzélius[2] :

Partie inattaquable dans l'acide	48,88
Partie attaquable	51,12
	100,00

Partie inattaquable :

Silice	56,252
Magnésie	20,596
Protoxyde de fer	9,725
Protoxyde de nickel. Avec étain et cuivre	0,138
Soude	1,000
Potasse	0,512
Alumine	6,025
Chaux	3,106
Protoxyde de manganèse	0,690
Fer chromé	1,100
	98,942

Partie inattaquable :

Silice	32,607
Magnésie	34,357
Protoxyde de fer	28,801
Protoxyde de nickel. Avec étain et cuivre	0,456
Protoxyde de manganèse	0,821
	97,042

Rammelsberg[3] a cherché à interpréter ces résultats. Il considère la portion

1. *Mémoires Ac. Pétersb.*, t. VI, p. 46.
2. *Pogg. Ann.*, t. XXXIII. p. 28.
3. *Handw. Suppl.*, t. V, p. 19.

inattaquable comme consistant soit en un mélange de labrador et d'hornblende, soit en un mélange d'oligoclase et d'augite. La partie attaquable résulterait de l'association du péridot avec un autre silicate, qui ne saurait être de l'anorthite.

Densité de la partie claire, 3,4662; de la partie foncée, 3,4845, d'après Rumler.

Agen. — Vauquelin a donné une analyse qualitative, indiquant la présence du nickel, de la silice, de la magnésie, du fer, du soufre, une trace de chaux et de chrome.

Densité de 3,59 à 3,62, d'après Rumler.

Nullès. — Analyses de Balcells[1] :

Partie magnétique	24.72
Partie non magnétique	73,49
	98,21

Partie magnétique :	Fer	22,50	
	Nickel	1,45	
	Résidu inattaquable	0,97	
Partie soluble dans l'acide :	Silice	10,00	$3RO.SiO^3$
	Magnésie	9,67	
	Protoxyde de fer	6,45	
	Alumine	0,31	
	Fer sulfuré	2,34	
Partie insoluble dans l'acide :	Silice	26,43	$3RO.2SiO^3$
	Magnésie	9,80	
	Protoxyde de fer	7,10	
	Alumine	0,55	
	Fer chromé	0,59	

Densité : 3,818, d'après le même.

Mayence. — Analyse de Seelheim[2].

La météorite se seconde en :

Partie métalloïde	8,56
Partie pierreuse	91,49
	100,05

La partie pierreuse soumise à l'acide donne :

Partie attaquable	52,23
Partie non attaquable	39,26
	91,49

1. *Lithologia meteorica*, Barcelone. 1854.
2. *Pogg. Ann.*, t. CVII, p. 173, et t. CXI. p. 365.

La première renferme :

Silice	15,74
Magnésie	16,12
Protoxyde de fer	18,29
Protoxyde de nickel	2,08
	52,23

La partie inattaquable a donné :

Silice	20,96
Alumine	13,49
Protoxyde de fer	3,60
Protoxyde de nickel	1,21
	39,26

Densité : 3,26, d'après le même.

Murcie. —La météorite de Murcie a figuré à l'Exposition universelle de 1867 (section espagnole); elle a grossièrement la forme d'un parallélipipède droit à base carrée dont les dimensions sont environ 39 centimètres, 40 centimètres et 27 centimètres.

J'ai constaté que sa densité est égale à 3,546 : il en résulte que la pierre pèse 114 kilogrammes et il faut remarquer que ce poids dépasse très notablement celui de la plupart des masses de même origine.

Comme le fait remarquer M. Daubrée, dans un Mémoire que j'ai eu l'honneur de signer avec lui, la masse est presque entière, c'est-à-dire que dans presque tous les points de sa surface[1], on constate l'existence d'une croûte ; mais celle-ci est évidemment altérée, et de noire qu'elle était d'abord, elle est devenue ocracée. Cette altération n'est pas simplement superficielle ; la cassure montre que l'intérieur lui-même a subi, depuis l'époque de la chute, l'action d'une influence oxydante. Cette cassure, noire dans certains points, est ocreuse dans d'autres ; de plus, les particules ayant l'éclat métallique sont relativement rares. Il en existe quelques-unes cependant et les réactifs y décèlent du fer et du nickel. On reconnaît aussi par place, mais à un état de très grande dissémination, des grains de couleur jaune de bronze, qui ont les caractères de la troïlite.

La météorite de Murcie présente une particularité qui ne paraît pas avoir été signalée jusqu'à présent dans les météorites : c'est l'existence de parties cristallines très petites, mais extrêmement brillantes, de telle sorte qu'on les croirait douées de l'éclat métallique; ces parties qui rappellent des paillettes forment aussi de petites veines ou de petites géodes. Un examen attentif a montré que ces paillettes sont hyalines. Essayées au chalumeau, elles ont fondu en un émail grisâtre et elles ont donné à la fin les réactions de la silice et de l'alumine : peut-être serait-on autorisé à les considérer comme constituées par un feldspath ou un minéral analogue ; leur proportion excessivement faible et la difficulté de les séparer de la matière pierreuse où elles sont engagées ont empêché de faire suivre cet essai par une analyse.

1. *Comptes rendus*, séance du 30 mars 1868.

La dureté de la météorite qui nous occupe est très grande ; cette pierre fait feu sous le choc du briquet et raye le verre avec la plus grande facilité.

Comme il est naturel en pareil cas, un examen microscopique attentif a précédé l'analyse chimique. La partie principale de la météorite pulvérisée est formée d'un minéral bien transparent et de nuance fauve ; de nombreux grains opaques, magnétiques, tuberculeux, qui ont les caractères du fer nickelé, y sont disséminés ; on y observe en outre, en très grande abondance, une substance noire tout à fait opaque. Les grains hyalins, dont il a été déjà question, apparaissent alors, mais sans qu'il soit possible d'apercevoir des formes cristallines. Ils n'ont paru avoir qu'une action assez faible sur la lumière polarisée. Par leur éclat et leur transparence, ils rappellent le quartz ; mais leur action, d'ailleurs très nette, sur la lumière, est beaucoup moins énergique que pour le quartz et suffirait pour les en distinguer.

Une lame mince, étudiée au microscope, a servi à préciser davantage cette constitution. La matière est très riche en grains opaques, ayant un éclat submétallique et une forme tuberculeuse dont toute la partie extérieure paraît altérée et est moins brillante que le centre : c'est du sulfure. Outre ces grains, on en voit d'autres beaucoup plus petits, très noirs et reconnaissables à première vue pour du fer chromé.

La matière pierreuse dans laquelle ces grains sont empâtés présente deux matières d'aspect différent. L'une d'elles, très transparente et d'un jaune fauve, offre les fendillements habituels à la partie silicatée des météorites ; l'autre, beaucoup plus foncée, paraît moins homogène : sa nuance et sa structure varient d'un point à un autre. Çà et là brillent les petits grains hyalins qui viennent d'être décrits ; dans beaucoup de points de la masse on voit des taches ocreuses.

L'échantillon destiné à l'analyse a été choisi dans la partie la plus noire de la météorite, c'est-à-dire dans celle que l'on peut regarder comme la moins altérée.

Le barreau aimanté en a séparé 14,990 pour 100 de matière magnétique formée de fer nickelé avec traces de phosphore.

Ce qui m'a frappé tout d'abord dans l'échantillon examiné, c'est la proportion très considérable de sulfure de fer, qui ne représente pas moins de 20.520 pour 100 de la masse : la pierre de Mureic se place au premier rang des météorites les plus sulfureuses.

La proportion de matière attaquable par l'acide chlorhydrique en y comprenant le fer nickelé, s'élève à 74,300 pour 100. Son analyse m'a donné les nombres suivants :

			Oxygène.
Silice.	14,982		7,662
Magnésie.	18,265	7,127	8,554
Protoxyde de fer .	5,005	1,111	
Soude	0,350	0,090	
Chaux	0,090	0,026	
Fer		13,630	14,990
Nickel.		1,560	
Sulfure de fer.			20,520
			74,298

La matière inattaquable ne représente que 25,700 pour 100. Voici les résultats de son analyse :

			Oxygène.
Silice	14,242		7,596
Magnésie	9,665	3,770	3,820
Protoxyde de fer.	0,225	0,050	
Potasse	traces		
Alumine.	0,510		
Fer chromé	0,920		
Phosphore.	traces		
	25,560		

La composition immédiate paraît devoir s'exprimer par :

Silicate attaquable voisin du péridot.	38,688
Silicate inattaquable voisin du pyroxène.	24,640
Fer nickelé.	14,990
Fer chromé	0,920
Sulfure de fer (troïlite).	20,520
Phosphures métalliques.	traces
	99,758

Pultusk[1]. — Les échantillons de la météorite de Pultusk sont recouverts d'une couche vitrifiée d'un brun noirâtre de l'épaisseur de 5 millimètres en moyenne.

Le fer sur cette couche apparaît çà et là en brillants tubercules métalliques de différentes grandeurs ; les uns presque imperceptibles à la loupe, les autres plus grands, plus ou moins sphériques, mamelonnés ou réniformes. Il s'en est trouvé qui pesaient jusqu'à 5gr,2 et un entre autres jusqu'à 25gr,86. Ces tubercules engagés dans la masse météorique s'élevaient à sa surface et étaient partiellement recouverts d'une même croûte enveloppant toute la météorite. Sur certains échantillons on pouvait apercevoir le fer en veinules d'une longueur d'environ 20 millimètres et de l'épaisseur de 2 à 3 millimètres.

Il y a des échantillons qui se présentent sous un aspect différent, comme s'ils avaient été cassés, et dont la cassure est couverte d'une même croûte, quoique d'une manière imparfaite.

Le poids spécifique de la météorite avec la croûte, déterminée sur sept échantillons de petite grandeur, est

Maximum.	3,722
Minimum.	3,691

et 3,7185 en moyenne. Le poids spécifique du fer météorique est de 6,915.

1. Voyez la *Notice* publiée par la *Haute-École de Varsovie*.

La masse principale de la météorite présente une cassure grenue, d'un gris cendré avec une nuance jaunâtre. Sur quelques échantillons la couleur de la masse principale offre deux nuances de gris, notamment le gris clair et le gris foncé. Ces deux nuances parfois se marient de telle sorte que la surface de la cassure est comme marbrée ; dans d'autres cas, la couleur grise plus foncée forme des parties plus grandes, environnées d'une masse plus claire, ce qui lui donne un aspect bréchoïde. Sur d'autres échantillons la nuance claire prédomine, tandis que sur d'autres c'est la nuance foncée, et sous ce rapport il y a une variabilité extrême.

La météorite se laisse facilement rayer par l'acier.

La masse intérieure est en général poreuse, elle happe à la langue; une goutte d'eau mise sur sa surface fraîche, disparaît rapidement.

On remarque dans la masse des globules dont le nombre varie dans les différents échantillons ; mais en général ils sont peu nombreux. Ils sont de deux espèces : les uns assez friables sont les plus rares ; les autres, d'un gris foncé, parfois ellipsoïdaux, ont jusqu'à 3 millimètres de diamètre. Quelques-uns, notamment plus grands, se séparent quand on concasse la météorite, en laissant leur moule dans la masse de la pierre, les autres restent dans la cassure fraîche et se distinguent par leur couleur gris foncé dans la masse plus claire. Sur la surface de ces globules on aperçoit de petites excavations. Leur cassure est inégale ou fibreuse, excentriquement radiée. Ils sont infusibles au chalumeau, non attirables par l'aimant ; l'acide chlorhydrique n'a pas d'action sur eux.

La masse principale de la météorite présente aussi des veinules noires, très fines, disposées parallèlement ou bien sans une direction déterminée. En cassant la pierre, on y découvre souvent des surfaces (dont la section verticale forme les veinules susdites), d'un gris d'acier, brillantes et ayant beaucoup de ressemblance avec le graphite. Ces surfaces de plusieurs centimètres carrés forment des lignes telluriques et cosmiques de M. Reichenbach.

Dans une cassure fraîche on a pu remarquer aussi, mais rarement, des points noirs veloutés, qui donnent avec du borax une perle verte de chrome.

Le fer nickelé de la météorite est disséminé en grains de différentes formes d'un gris d'acier et d'une grosseur très variable. Dans l'intérieur d'un échantillon on a trouvé un échantillon du poids de 1 gramme, qui différait des autres par sa forme. C'était une plaque d'une épaisseur de 1 à 2 millimètres, d'une largeur de 5 à 10 millimètres, d'une forme très irrégulière, hérissée d'aspérités et couverte d'une couche de silicates, formant la masse de la météorite. Cette plaque se brise facilement sous la main, et sa cassure est lamelleuse. Fixée dans une cire ramollie et passée au polissoir, elle offre une surface métallique d'un gris d'acier, criblée de petites cavités remplies de sulfure de fer (probablement de troïlite), se distinguant tout à fait du fer météorique ou des silicates.

Comme la grosseur des globules de fer météorique est très variable, le rapport de la quantité de fer à la masse totale de la météorite varie dans les différents échantillons et même dans les différentes parties d'un seul. Trois morceaux dont deux ont été pris dans le même échantillon ont donné :

	I	II	III
Parties magnétiques	24,79	25,52	27,88

Les tubercules enlevés de la croûte superficielle ne contiennent pas de sulfure de fer, car traités par l'acide chlorhydrique, ils ne donnent pas d'hydrogène sulfuré. Trois morceaux de ce fer, polis, ont offert les figures de Widmanstætten peu visibles.

Un échantillon pesant 5 grammes, analysé par M. le professeur Wawnikiewicz, a donné :

Fer avec des traces de cuivre et de phosphore.	95,54
Nickel avec des traces de cobalt.	4,41
	99,95

Le sulfure de fer (probablement la troïlite) se trouve constamment dans les météorites de Pultusk. Il est disséminé en parcelles très fines, et se remarque parfaitement bien surtout sur la surface de la pierre polie. Sa quantité est de 5,296 sur 100. Outre ce sulfure, on remarque çà et là de petites parcelles d'un brun de tombac ressemblant à la pyrite magnétique. L'analyse, sur 100, donne aussi 1,055 de fer chromé, invisible dans la masse de la météorite.

Une seconde partie de la masse pierreuse, non attirable par l'aimant, présente les propriétés suivantes :

Desséchée à 110°,6 pour chasser l'eau hygroscopique, ensuite chauffée à 270°, elle ne perd rien de son poids : donc elle ne renferme pas d'eau de combinaison.

Traitée par l'eau distillée froide, elle donne une liqueur alcaline, qui, évaporée jusqu'à siccité, laisse un résidu peu volumineux, incomplètement soluble dans l'eau. Cette partie insoluble, c'est le carbonate de chaux et de magnésie, faisant effervescence avec l'acide chlorhydrique.

La solution reste alcaline et renferme de l'acide chlorhydrique et sulfurique, de la chaux, de la magnésie, de la soude et des traces de potasse.

La masse non magnétique, traitée par l'iode et puis par l'acide chlorhydrique, dégage de l'acide sulfhydrique ; une partie passe dans la solution et donne la silice gélatineuse, l'autre reste insoluble. Plusieurs expériences ont constaté qu'en traitant pendant quelques jours les différents poids de ces silicates avec de l'acide chlorhydrique de 20 pour 100, à la température de 70° C., on peut entièrement séparer ces silicates en silicates solubles et insolubles.

100 parties de la masse pierreuse renferment donc :

Silicates solubles dans l'acide chlorhydrique.	47,014
Silicates insolubles.	52,986
	100,000

En lavant dans le filtre cette partie insoluble, on remarque dans la liqueur agitée de petites lamelles d'un éclat adamantin, dont la présence a été déjà remarquée par M. G. Rose.

La partie soluble consiste principalement en silicate de magnésie et de fer (péridot).

La partie insoluble renferme une quantité notable d'alumine.

En résumé la météorite contient :

Parties magnétiques	24,790
Sulfure de fer	5,296
Fer chromé	1,055
Silicates solubles dans l'acide chlorhydrique	32,574
Silicates insolubles dans l'acide chlorhydrique	36,485
	100,000

Mexico. — La densité est de 3,610, d'après Stanislas Meunier.

Traitée par l'acide chlorhydrique bouillant, la météorite laisse 28,5 pour 100 d'un résidu qui jusqu'ici n'a pas été examiné ; la dissolution renferme, comme bases, de la magnésie, du protoxyde de fer, un peu d'oxyde de nickel et une très faible quantité d'alumine.

L'échantillon n'est pas assez volumineux pour qu'on ait cru devoir en séparer le poids nécessaire à une analyse quantitative [1].

Alexandrie. — Analyse de Missaghi [2] :

Silice	37,405
Fer métallique	19,570
Fer oxydé	12,851
Magnésie	11,176
Alumine	8,650
Soufre	5,851
Chaux	3,144
Nickel	1,077
Chrome	0,845
Manganèse	traces
Cobalt	traces
Perte	1,673
	100,000

59e TYPE.

STAWROPOLITE. (Stan. Meun.)

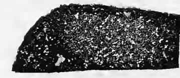


Fig. 66. — Stawropolite tombée le 24 mars 1857 à Stawropol (Caucase). Grandeur naturelle.

Roche d'un gris noirâtre compact, renfermant d'assez nombreux globules, les

1. *Comptes rendus*, tome LXVI, séance du 23 mars 1868.
2. *Nuovo Cimento* (Pise), 1861.

uns noirs, les autres métalliques. Cette roche assez dure prend bien le poli. — *Densité :* 3,479 à 3,708 (Abich). — *Composition minéralogique :* La stawropolite résulte du mélange du fer nickelé et de la troïlite avec divers silicates en partie attaquables aux acides. Ces silicates n'ont point été jusqu'ici étudiés minéralogiquement, mais on peut interpréter les résultats fournis par l'analyse de leur mélange en les considérant comme appartenant aux espèces hyalosidérite, chrysolithe et labrador.

Chute principale :

1857, 24 mars, Stawropol, versant nord du Caucase, Russie.

La météorite de Stawropol est entièrement noire et offre une structure fortement globulaire.

M. Abich[1] l'a étudiée avec beaucoup de soin, et le résultat de son étude est qu'il faut en représenter la composition immédiate par :

Hyalosidérite.	45,65	
Chrysolithe	23,04	Silicates inattaquables
Labrador.	18,13	
Fer sulfuré.	2,95	
Fer nickélifère	10,25	
	100,00	

La densité est comprise entre 3,479 et 3,708.

40e TYPE.

MESMINITE. (Stan. Meun.)

Roche bréchiforme composée de fragments blancs très finement grenus, empâtés dans une matière beaucoup plus sombre. — *Densité :* 3,426 (Pisani) à 3,792 (Haidinger). — *Composition minéralogique :* Les fragments empâtés sont formés de lucéite (voy. 51e type). La pâte est rigoureusement identique à la limerickite (voy. 52e type).

Chutes principales.

1833, 25 novembre. Blansko, Brunner Kreis (Moravie).
1865, 25 mai. Mouza-Khoorna, Goruckpoore (Inde).
1866, 30 mars. Saint-Mesmin (Aube, France).
1866, 6 décembre. Cangas de Onis, Santander (Espagne).
1871, 10 décembre. Bandong (Java).
1874, 14 mai. Nash County (Caroline du Nord, Etats-Unis).

1. *Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, 3e série, t. II, p. 403 et 43[illegible]

1276, 16 février, Judesegherry Kadaba, Taluk, Mysore, Indes.
1876, 7 juin, Vavilovka, Cherson, Russie.



Fig. 67. Mesminite tombée le 30 mars 1866 à Saint-Mesmin (Aube). Grandeur naturelle.

Blansko. — Densité, 3,7019, d'après Rumler.
Analyse de Rammelsberg [1] :

Partie magnétique :

Fer	93,816
Nickel	5,053
Cobalt	0,347
Étain. / Cuivre	0,460
Soufre	0,324
Phosphore	traces
	100,00

Dans la partie terreuse l'acide dissout :

Silice	33,084
Alumine	0,329
Magnésie	36,145
Protoxyde de fer	26,955
Protoxyde de manganèse	0,465
Protoxyde de nickel contenant du cuivre et de l'étain	0,465
Soude	0,857
Potasse	0,429
	98,707

1. *Handwörterbuch. Suppl.*, t. V, p. 5,17.

La partie inattaquable se compose de :

Silice	57,145
Alumine	5,590
Chaux	3,106
Magnésie	21,843
Protoxyde de fer	8,592
Protoxyde de manganèse	0,724
Protoxyde de nickel contenant du cuivre et de l'étain	0,021
Soude	0,931
Potasse	0,010
Fer chromé	1,553
	99,485

En résumé, la composition minéralogique est :

Fer nickelé avec traces de sulfure de fer	20,14
Fer chromé	0,63
Pyrrhotine	2,96
Olivine	34,72
Labrador	7,79
Hornblende	33,63

Ou, à la place de ces deux dérivés :

Oligoclase	10,06
Augite	31.36

Saint-Mesmin. — La pierre de Saint-Mesmin est formée presque en totalité par une substance pierreuse grise, dans laquelle se trouvent comme empâtées des parties presque blanches et quelques autres noirâtres, les unes et les autres à formes fragmentaires et à contours le plus souvent arrondis. Cette masse pierreuse est entièrement cristallisée, ainsi que l'indique son action sur la lumière polarisée, mais les cristaux sont extrêmement petits et intimement engagés les uns dans les autres.

Elle est assez fortement magnétique, mais non polaire. Les acides l'attaquent partiellement. Si l'on opère sur la substance non pulvérisée mais simplement concassée, on observe, au fond du vase où l'on a réalisé la dissolution, la présence de quelques globules gris d'une matière inattaquable. C'est cette matière qui donne à la pierre, mais seulement çà et là, une apparence légèrement chondritique.

Outre ces globules pierreux, on remarque dans la pâte des grains de fer tuberculeux qui donnent les réactions du nickel et de petits amas de sulfure de fer.

M. Pisani a publié une analyse de cette pierre ; en voici les résultats :

La matière est formée de 59,4 pour 100 de substance attaquable dans l'acide chlorhydrique et de 40,6 de substance inattaquable. Elle contient 5,6 pour 100 de grains attirables à l'aimant et qui sont formés de fer nickélifère.

Dans la partie attaquable, se trouvent les corps suivants, dont les proportions ne sont pas très éloignées de celles exigées par la formule du péridot.

Silice	17,00
Magnésie	19,54
Protoxyde de fer	11,84
Soude	1,92
Nickel	0,72
Fer	4,94
Sulfure de fer	2,99
	58,95

Voici maintenant la composition de la partie inattaquable qu'il serait bien difficile de rapprocher d'aucune formule :

Silice	21,10
Alumine	3,00
Protoxyde de fer	5,37
Magnésie	6,10
Chaux	1,09
Potasse et soude	1,21
Fer chromé	2,18
	40,05

On doit regarder comme probable que cette dernière partie contient à la fois un minéral pyroxénique ou amphibolique et un feldspath.

Cangas de Onis. — Densité : 3,7044, d'après José Ramon de Luanco [1].

Analyse d'après le même :

Eau hygroscopique		0,3846
Soufre		2,0848
Phosphore		0,1492
Soluble dans l'acide	10,744	34,4390
Silice insoluble	23 695	
Fer		38,8750
Nickel		1,0437
Alumine		1,9122
Magnésie		9,6190
Chaux		2,5588
Soude		1,1439
Potasse		0,4451
Oxygène combiné avec le soufre, le phosphore et le fer; chlore, ammoniaque, manganèse, matières organiques, et perte de l'analyse		7,7493
		100,0000

1. *Annales de la Sociedad de Historia Natural*, t. III, Madrid, 1874.

Nash-County. — Analyse de Lawrence Smith[1] :

Fer nickélifère	15,21
Partie pierreuse	84,79
	100,00

La partie métallique consiste en :

Fer	92,12
Nickel	6,20
Cobalt	0,41
	98,73

Densité : 2,601, d'après le même.

41e TYPE.

CANELLITE. (Stan. Meun.)

Roche bréchiforme formée de fragments d'un gris de cendre oolithiques empâtés dans une matière beaucoup plus foncée. — *Densité :* 3,66 (Rumler). — *Composition minéralogique :* La roche empâtée est de la montréjite (voy. 33e type). La substance empâtante est la limerickite (voy. 32e type). Le fer nickelé y est très abondant, et l'acide sulfhydrique qu'en dégage l'action des acides y prouve la présence de sulfures.



Fig. 68. — Canellite trouvée en 1846 à Assam (Indes). Grandeur naturelle.

Chutes principales :

1822, 13 septembre, La Baffe, Épinal (Vosges, France).
1846, trouvée, Assam (Inde).
1851, 17 avril, Gutersloh, Minden (Westphalie).
1857, 1er avril, Hérédia, San José (Costa-Rica).

1. *Sillim. Amer. Journ.*, 3e série, X, 147.

1861, 14 mai, Villanova de Sitjès, Canellas (Espagne).
1867, 19 mai, Khetrie, Rajpoutana (Inde).
1874, 26 novembre, Kerilis, Mael Pestivien, Callac (Côtes-du-Nord, France).
1876, 16 août, Feid Chair, La Calle (Algérie).

La Baffe. — Densité : 3,666, d'après Rumler.
Analyse de Vauquelin :

Silice	35
Sesquioxyde de fer	31,37
Fer	22
Soufre	2,25
Sesquioxyde de chrome	0,25
Protoxyde de nickel	0,50
Magnésie	4,25
Chaux } Cobalt }	1,25
	96,82

Assam. — Densité : 3,792, d'après Haidinger[1].

Analyse de Tschermak[2] :

Fer natif	8,49
Matière charbonneuse	0,85
Péridot	61,72
Enstatite	30,01
Pyrrhotine	traces
	101,07

La matière charbonneuse renferme :

Hydrogène	0,13
Carbone	0,72
	0,85

Le péridot a donné :

Silice	23,34
Protoxyde de fer	11,72
Magnésie	26,66
	61,72

L'enstatite renferme :

Silice	17,02
Protoxyde de fer	1,60
Magnésie	10,79
Chaux	0,60
	30,01

1. *Wien. Akad. Ber.*, 41, 1860, et t. LIX, janv. 1869.
2. *Ibid.*, t. LXII. janvier 1870.

Hérédia. — Analyse de Domeyko[1] :

Partie magnétique	26,1
Partie non magnétique	73,9
	100,0

Dans la partie magnétique on trouve 0,0076 de soufre correspondant à 0,012 de pyrrhotine :

Fer	94,2
Nickel avec traces de cobalt	5,7
	99,9

Dans la partie silicatée, l'acide chlorhydrique dissout :

Silice	33,6
Protoxyde de fer	30,9
Magnésie	35,1
Chaux	0,1
Nickel	traces
Oxyde de manganèse	traces
	99,7

Sont inattaquables par l'acide :

Silice	56,7
Alumine	3,5
Protoxyde de fer	14,5
Soude	2,3
Potasse	0,1
Chaux	3,2
Magnésie	19,6
Fer chromé	0,13
	100,03

M. Domeyko exprime la composition minéralogique de la manière suivante :

Fer nickelé	26,1
Péridot	38,1
Oligoclase	6,4
Augite	29,4
	100,0

Il mentionne en outre des traces de pyrite magnétique, de phosphure et de fer chromé, ne représentant pas plus ensemble de 0,002 du poids total.

1. *Annales de l'Univ. du Chili*, 1859, p. 323.

Khetree. — Analyse de Waldee [1].

Analyse minéralogique :

Fer nickelé	18,55
Pyrrhotine et schreibersite	5,22
Matières terreuses solubles	35,18
Matières terreuses insolubles	42,36
	131,31

La partie insoluble est un minéral augitique qui ressemblerait très exactement à la trémolite et à l'actynote, si les deux tiers de la chaux n'y étaient pas remplacés par de l'oxyde de fer.

D'après M. Waldee, la densité des parties claires est égale à 3,743, et celle des parties foncées à 3,612.

Kérilis. — Les faces de la météorite tombée à Kérilis [2] sont recouvertes d'une croûte remarquablement épaisse et généralement chagrinée, sur laquelle quelques grains métalliques font fortement saillie. Çà et là brillent des paillettes de mica, d'origine évidemment terrestre, aussi bien que l'argile qui salit la surface de l'échantillon en certains points.

Une cassure artificielle a mis à découvert une surface frottée et striée intérieure, sur laquelle ont été écrasés et étirés les grains de fer nickelé, comme il arrive souvent. Considérée dans sa cassure, cette météorite est d'un gris foncé, avec des taches ocracées, qui résultent évidemment d'une altération que la météorite a rapidement subie depuis sa chute, comme il pourrait résulter de traces de protochlorure de fer.

Sa structure grésiforme résulte de l'agglomération de grains très différents les unes des autres. Les uns, parfois assez volumineux, sont d'un blanc crayeux ; les plus nombreux sont d'un gris cendré. On distingue çà et là des grains globuliformes (*chondrites* de Gustave Rose) et des grains arrondis, d'un jaune de bronze, consistant en pyrrhotine. Sur le fond pierreux et sur les surfaces striées qui traversent la masse, on voit aussi de nombreuses grenailles de fer nickelé, qui apparaissent de toutes parts à la suite d'un polissage artificiel. Elles sont de très faible dimension et d'une forme tuberculeuse, très irrégulière.

La densité de la météorite, à la température de 21°, est égale à 3,51.

Soumise à l'action de l'acide chlorhydrique, la météorite perd environ 60 pour 100 de son poids. La partie attaquée consiste en un mélange de péridot, de fer nickelé et de pyrrhotine, qui est reconnaissable à l'hydrogène sulfuré qui se dégage.

Le résidu inattaquable, examiné au microscope, contient un très grand nombre de grains cristallins, très actifs sur la lumière polarisée, dont quelques-uns présentent des contours prismatiques. On y observe aussi, d'une part, des clivages parallèles entre eux, disposés les uns suivant la longueur du prisme, les autres perpendiculairement, — d'autre part des inclusions, comme on en rencontre toujours dans l'enstatite des météorites.

1. *Chemical News*, 19 juin 1870.
2. *Comptes rendus*, t. XCI, p. 29.

A la substance pierreuse inattaquable sont associés des grains noirs, absolument opaques, comme le fer chromé, présentant parfois des contours octaédriques ; leur nature est confirmée par l'essai direct au chalumeau.

L'examen d'une lame mince permet de voir comment ces éléments sont associés dans la météorite. Tout d'abord on distingue l'enstatite, disposée en aiguilles rayonnant autour de certains centres et constituant des masses globulaires. Ces parties sont disséminées au milieu de péridot granulaire, qui contient aussi des grains métalliques de fer nickelé et de pyrrhotine.

Feid-Chair. — La météorite de Feid-Chair[1] se compose d'une partie pierreuse, d'un gris clair, dans laquelle sont disséminés de très petits grains à éclat métallique, de formes irrégulières, les uns d'un gris de fer, consistant en fer nickelé, les autres, d'un jaune de bronze, formés de troïlite ou sulfure magnétique de fer. Comme il arrive très fréquemment, la substance pierreuse est en partie sous forme de globules. La structure bréchiforme est d'ailleurs reconnaissable à la teinte différente des fragments empâtés. Une plaque polie fait ressortir ces caractères et laisse apercevoir, en outre, de petits grains d'un noir mat, qui sont disséminés dans toute la masse, et adhèrent tantôt aux grains de fer métallique, tantôt aux globules pierreux. Ainsi qu'on le peut constater sur des plaques minces, toute la partie pierreuse agit sur la lumière polarisée. Il est difficile d'y reconnaître des contours nets de cristaux.

Traitée par un acide, la partie pierreuse est attaquée en partie, et paraît consister en un mélange de péridot et d'enstatite.

42e Type.

BANJITE. (Stan. Meun.)

Roche d'un gris cendré, cohérente, renfermant de gros fragments plus durs et clivables. — *Densité :* 3.5, Stanislas Meunier. — *Composition minéralogique :* Mélange de montréjite (voy. 33e type) et d'erxlébénite (voy. 21e type).

Chute unique :
1872, 13 octobre. Soko-Banja, Alexinatz (Serbie).

Soko-Banja. — Peu de météorites ont un aspect plus hétérogène que la remarquable roche sur laquelle j'appelle l'attention, et qui est représentée au Muséum par un échantillon de près de 2 kilogrammes, donné en 1878 par M. le professeur Pancitch, au nom de l'Université de Belgrade.

On peut la caractériser d'un mot en disant que cette pierre, malgré de profondes différences chimiques, présente la structure du trass des bords du Rhin.

Elle est entièrement clastique et l'on y remarque à première vue des galets un peu anguleux quoique fortement arrondis, empâtés dans une masse bréchoïde ellemême, mais dont les éléments sont beaucoup plus petits.

1. *Comptes rendus*, t. LXXXIV, p. 71.

Ces parties constituantes, galets et masse bréchoïde générale, sont donc dans la même situation relative que les fragments plus ou moins anguleux de ponce et de trachyte dans le conglomérat à grains fins du trass des bords du Rhin.

Les galets ne diffèrent pas seulement de la brèche générale par leur structure : leur nuance et leur composition s'unissent pour les en séparer nettement. D'ailleurs ils n'ont avec elle qu'une très faible adhérence ; on peut très aisément les en détacher et ils laissent alors une empreinte profonde dans la roche où ils étaient encastrés. L'échantillon du Muséum montre ainsi la place occupée par plusieurs de ces galets maintenant disparus (fig. 69).



Fig. 69. — Banjite tombée le 13 octobre 1872 à Soko-Banja (Serbie). Grandeur naturelle.

La première chose à faire pour étudier la météorite de Soko-Banja était suivant moi, et contrairement à la marche suivie par les chimistes qui se sont déjà occupés de cette masse, de séparer des éléments lithologiques si évidemment différents et de soumettre chacun d'eux à un examen distinct, puis de les comparer à des types lithologiques antérieurement définis.

Les galets empâtés dans la météorite de Soko-Banja sont avant tout remarquables par leurs formes.

Ils constituent des masses polyédriques dont les angles sont fortement émoussés et qui rappellent à s'y méprendre la forme de la plupart des pierres météoriques considérées dans leur ensemble.

Leurs dimensions sont très variables. Les plus gros que j'ai observés mesurent 19 millimètres de diamètre, beaucoup ont de 3 à 5 millimètres ; il en est de bien plus petits.

La cassure de ces galets est finement grenue. On ne l'obtient d'ailleurs pas très aisément, à cause de l'extrême tendance des galets à subir un véritable clivage qui s'opère suivant des surfaces planes. Ces surfaces, qui s'entre-croisent en divers sens, offrent une apparence nacrée, et sur elles se montrent des granules métalliques étirés et irisés. Il va sans dire que ce *clivage* doit s'entendre ici dans son sens lithologique, les galets, loin d'être des fragments de cristaux, appartenant au contraire à une roche très complexe. Il faut assimiler les fissures dont il s'agit aux *joints* qui, chez les roches terrestres, déterminent si souvent l'isolement de blocs pseudo-réguliers. En effet, les galets qui nous occupent se divisent eux-mêmes en blocs pseudo-réguliers, remarquables par l'acuité de certains de leurs angles.

Une lame transparente, placée sous le microscope, montre que la roche qui constitue les galets résulte avant tout du mélange de deux minéraux transparents associés à des granules opaques.

La densité des galets est égale à 3,59.

Soumise à l'aimant, leur matière pulvérisée se scinde en une portion magnétique et métallique et en une portion non attirable et pierreuse.

Sur une surface polie, les granules métalliques se montrent d'un gris d'acier, avec la forme ramuleuse ordinaire pour les fers nickelés des pierres météoriques. Ils représentent sensiblement 10 pour 100 du poids des galets.

Leur dissolution dans l'acide chlorhydrique donne lieu à un dégagement sensible d'hydrogène sulfuré et au dépôt d'une matière noirâtre où l'on reconnaît la présence simultanée du graphite, de la schreibersite et de silicates dont font partie de très petits cristaux extrêmement brillants. La solution contient une quantité notable de nickel.

Déjà nous avons dit qu'au microscope une lame transparente décèle chez les galets la présence simultanée de deux minéraux lithoïdes. De ces deux minéraux, l'un affecte la manière d'être du péridot, l'autre la cristallisation allongée et rayonnée par place de l'enstatite.

Les cristaux de ces deux espèces présentent en nombre incalculable des inclusions qui paraissent consister en substances liquides ou gazeuses et qui affectent souvent des alignements manifestes.

Des fissures de divers ordres traversent la masse dans toutes les directions.

Soumise en poudre fine à l'action d'un acide concentré, la substance pierreuse des galets s'attaque en partie. Le résidu consiste en un silicate dont toutes les propriétés sont celles des substances pyroxéniques qui constituent la portion insoluble des météorites les plus fréquentes. L'attaque donne lieu à un abondant dépôt de silice gélatineuse et la liqueur contient de la magnésie très prédominante avec du fer et des traces d'alumine et d'alcalis.

La roche dans laquelle sont empâtés les galets est elle-même bréchoïde, ainsi que nous l'avons déjà dit.

Vue à l'œil nu, sur une section polie, elle se signale tout d'abord par le contraste de sa pâte blanchâtre avec des globules dont la nuance est bien plus foncée. Çà et là brillent des grenailles métalliques dont les unes ont l'éclat de l'acier, tandis que les autres sont jaunâtres à la manière du bronze ou du laiton.

Les grenailles douées de l'éclat de l'acier consistent en fer fortement nickelé.

Leurs formes sont très ramifiées et il est manifeste dans quelques parties qu'elle se sont insinuées dans la roche après sa consolidation.

Celles dont la nuance jaune rappelle le bronze ou le laiton sont constituées par le sulfure double de fer et de nickel désigné parfois sous le nom de *troïlite* et qui ne diffère par aucun trait essentiel de la pyrrhotine proprement dite. La pyrrhotine, fréquente dans les météorites, se présente ici en fragments clivables de formes irrégulières et exceptionnellement volumineuses. Certains de ces amas atteignent 14 millimètres de diamètre. J'ai pu, sur l'un d'eux préalablement purifié avec soin, m'assurer une fois de plus que cette substance donne lieu à un dépôt de soufre quand on l'a traitée par l'acide chlorhydrique étendu. Par leurs caractères extérieurs les fragments de pyrrhotine se comportent comme des cailloux qui auraient été empâtés dans la masse, et non pas comme des concrétions qui s'y seraient directement déposées.

Une lame mince examinée au microscope montre dans la portion pierreuse de la masse bréchoïde générale l'existence de deux minéraux intimement mélangés.

L'un d'eux, fendillé en tous sens, très actif sur la lumière polarisée, rempli d'inclusions, a tous les caractères du péridot. On constate d'ailleurs que l'acide chlorhydrique l'attaque aisément avec dépôt de silice gélatineuse et dissolution de magnésie.

L'autre, en cristaux allongés, souvent disposés en amas rayonnés, résiste aux acides et appartient à l'espèce enstatite.

Outre ces deux minéraux bien cristallisés, se montrent de petits globules, de couleur très foncée, susceptibles quand on les coupe de prendre un très beau poli et qui, même en tranche très mince, ne sont pas toujours transparents. Certains d'entre eux présentent autour d'un noyau très noir une écorce grise rigoureusement concentrique.

Ces globules, en partie attaquables aux acides, ont des dimensions très variables; beaucoup sont tout à fait microscopiques; un très grand nombre mesurent de 1 à 2 millimètres de diamètre; il en est de plus gros. Parmi ces derniers, qui atteignent 4 ou 5 millimètres, plusieurs se signalent par leur forme, non plus sphéroïdale, mais tuberculeuse, tout à fait comparable à celle des rognons de pyrite de la craie blanche.

Enfin je signalerai la découverte de cristaux de bronzite et d'un cristal doué d'une belle couleur vert clair que je n'ai pu examiner faute d'une quantité suffisante de substance. L'échantillon unique que je conserve, consiste en un cristal brisé d'un millimètre de diamètre environ et dont la section est sensiblement octogonale. Ce minéral est translucide et possède un éclat gras. Il paraît clivable dans deux directions sensiblement perpendiculaires entre elles et contraste par la vivacité de sa nuance avec toutes les espèces signalées jusqu'ici dans les météorites.

43e TYPE.

AIGLITE. (Stan. Meun.)

Roche grossière formée de grains arrondis juxtaposés et de couleurs variées. Cette roche est dure et prend très bien le poli. — *Densité* (moyenne de très nombreuses

mesures concordantes) : 3,3. — *Composition minéralogique :* La masse résulte essentiellement du mélange de divers silicates magnésiens, dont les uns, attaquables aux acides, paraissent de nature péridotique, tandis que les autres, résistant à ces agents, offrent une composition voisine de celles du pyroxène ou de l'amphibole. De petites quantités d'alumine indiquent peut-être des traces de feldspath. Le fer nickelé est abondant ; on observe la troïlite et l'analyse décèle du phosphore dû peut-être à de la schreibersite.

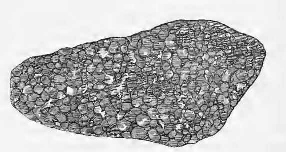


Fig. 70. — Aiglite tombée le 9 juin 1868 à Knyahinya (Hongrie). Surface polie ; grandeur naturelle.

Chutes principales :

1766, juillet. Alboreto, Modène (Italie).
1790, 24 juillet. Barbotan (Gers, France).
1798, 19 décembre. Bénarès (Bengale, Indes).
1803, 26 avril. L'Aigle (Orne, France).
1818, août. Mooresfort, Tipperary (Irlande).
1812, 10 avril. Toulouse (Haute-Garonne, France).
1835, 4 août. Aldsworth, Cirencester (Angleterre).
1838, 29 janvier. Kaee, Sandee (Oude, Inde).
1838, 18 avril. Akburpur, Saharanpur (Inde).
1838, 6 juin. Chandakapur, Bérar (Inde).
1859, 28 mars. Harisson County, Indiana (États-Unis).
1866, 9 juin. Knyahinya (Hongrie).
1868, 22 mai. Slavetic (Croatie).
1869, 5 mai. Krahenberg (Bavière).
1875, 12 février. West-Liberty, Iowa-Township, Amana, Iowa Cy (États-Unis).
1883, 28 janvier. Saint-Martin de Quinsac (Gironde).

Alboreto. — Densité : 3,544, d'après Hardinger [1]

1. *Akad. Wien.*, t. XLVII, 27 mars 1863.

Barbotan. — Analyse de Vauquelin.

Silice	46
Magnésie	15
Chaux	2
Sesquioxyde de fer	38
Oxyde de nickel	2
	103

Densité : 3,6209, d'après Rumler.

Bénarès. — Howard a analysé séparément :

1° La matière pierreuse :

Silice	48
Magnésie	18
Sesquioxyde de fer	34
Protoxyde de nickel	2,5
	102,5

2° Les globules chondritiques :

Silice	50
Magnésie	15
Sesquioxyde de fer	34 (?)
Protoxyde de nickel	2,5 (?)
	101,5

3° Les granules de fer malléables :

Fer	73,91
Nickel	26,09
	100,00

4° Le sulfure de fer :

Fer	75,00
Nickel	7,14
Soufre	14,28
	96,42

Densité : 3,3659, d'après Rumler.

L'Aigle. — Analyse de Fourcroy et Vauquelin :

Silice	53
Magnésie	9
Chaux	1
Protoxyde de fer	36
Protoxyde de nickel	3
Soufre	2
	104

Laugier trouva 0,01 pour 100 d'oxyde de chrome.
Densité : 3,4791, d'après Rumler.

Mooresfort, Tipperary. — Analyse de Higgins[1] :

Silice	48,25
Magnésie	9
Fer	39
Nickel	1,75
Soufre	4
	102

Densité : 3,6478, d'après Rumler.
3,67, d'après Higgins.

Toulouse. — Densité : 3,7396, d'après Rumler.



Fig. 71. — Aiglite tombée le 10 avril 1812 à Toulouse. Lame mince vue au microscope.

Aldsworth. — Densité, 3,4.

Harrison County. — Analyse de Smith[2] :

Analyse de la partie magnétique.

Fer	86,781
Nickel	15,241
A reporter	00,000

1. *Gilb. Ann.*, t. LX, p. 286, et t. LXIII, p. 22.
2. *Sillim. Amer. Journ.*, 2e série, t. XXX, p. 205.

Report.	00,000
Cobalt	0,542
Cuivre	0,036
Phosphore	0,026
Soufre	0,022
	100,448

Dans la partie terreuse l'acide sépare :

Partie attaquable	62,94
Partie non attaquable	37,51
	100,45

L'ensemble donne :

Silice	47,06
Protoxyde de fer	26,05
Magnésie	27,61
Alumine	2,35
Chaux	0,81
Soude	0,42
Potasse	0,68
	104,98

Analyse minéralogique :

Fer nickélifère	4,989
Schreibersite	0,009
Pyrrhotine	0,001
Olivine	61,000
Augite, Albite	34,000
	99,999

Densité : 3,465, d'après Smith.

Knyahinya. — Densité : 3,520, d'après Haidinger[1].

Slavetic. — Densité : 3,754, d'après Haidinger[2].

Krahenberg. — Densité : 3,432, d'après Gumbel[3].

1. *Wien. Ak. Ber.*, t. LIV.
2. *Akad. Wissens. Wien.*, t. LVIII, 9 juillet, 3 décembre 1858.
3. *Akad. der Wissens.*, Munich. 1878.

Composition minéralogique :

Olivine	41,65
Pyrrhotine	6,27
Fer nickelé	8,25
Fer chromé	1,21
Minéral augitique (Bronzite ?)	23,48
Minéral feldspathique (Labrador ?)	19,14
	100,00

Wers Liberty, Iowa. — D'après M. Hinrichs[1], la météorite renferme 7,5 pour 100 de fer nickelé contenant :

Fer	6,6
Nickel	0,9
	7.5

La matière non magnétique se compose de :

Pyrrhotine	1,8
Péridot	52,9
Hypersthène	44,9
Perte	0,4
	100,0

Densité : 3,57, d'après le même.

Saint-Caprais de Quinsac. — Densité : 3,3, d'après M. Forquignon. — L'examen microscopique y révèle, outre les grenailles de fer, de l'augite et de l'olivine grisâtre ?

44e TYPE.

PARNALLITE. (STAN. MEUN.)

Roche grossière formée de fragments blanchâtres et noirâtres empâtés dans une matière grise assez serrée. — *Densité :* 3,3 (Taylor) à 3,54 (Haussmann). — *Composition minéralogique :* Les grains empâtés consistent les uns en lucéite (voy. 31e type), d'autres en chladrite (45e type) ; d'autres en tadjérite (57e type). L'examen purement minéralogique montre des silicates de magnésie, péridotiques et pyroxéniques, auxquels s'ajoute une quantité très sensible d'alumine, et sont mêlés de fer nickelé, de phosphure non défini (schreibersite ?), de troïlite ainsi que de traces de fer chromé et de graphite.

1. *Popular Science*, septembre 1875, New-York.

Chutes principales :

1773, 17 novembre. Sigena, Sena (Aragon, Espagne).
1818, 18 juin. Serés (Macédoine, Turquie).
1852, 4 septembre. Mezo-Madaras (Transylvanie, Autriche).
1855, 13 mai. Bremerworde (Hanovre).
1856, 12 novembre. Trenzano, Brescia (Italie).
1857, 28 février. Parnallee (Madras, Inde).
1877, 23 janvier. Cynthiana (Kentucky, États-Unis).

Fig 72. — Parnallite tombée le 28 février 1857 à Parnallee (Indes).
Grandeur naturelle.

Sigena. — Cette chute présente ce caractère remarquable d'avoir fourni des pierres qui ne sont pas semblables entre elles, si bien que nous sommes forcé de le rappeler de nouveau après avoir traité du type fort différent de roches cosmiques, dit *Sigénite* (voy. 24e type).

L'échantillon que nous rapportons au type parnallite est conservé au Muséum sous le signe 2. Q. 3 ; il est accompagné de l'étiquette suivante, qu'il est utile, en les conditions spéciales de cette pierre, de transcrire ici exactement :

« *Aerolito de Sigena. Layo en las cercanias de Sigena en Aragon el ano de* 1778. *Fue analizado por Proust en* 1804 *; es de forma esferoidal y de una nueve pulgada de circunferencia. Pesa* 1^{k},900 *gr. Pesa del fragmento enviado à Paris* 0^{k},21^{gr},22. »

Voici l'analyse de Proust[1] :

Pyrrhotine.	12
Protoxyde de fer.	5
Silice	66
A reporter.	83

1. *Journ. de phys.*, t. LX, p. 185.

Report.	83
Magnésie	20
Chaux.	traces
Protoxyde de manganèse.	
	103

Densité : 3,6382, d'après Rumler.

Il y a toute raison de supposer que l'analyse de Klaproth se rapporte à ce type :

Silice	44,0
Magnésie	22,5
Protoxyde de fer	25
Protoxyde de manganèse	0,25
Fer	2,25
Nickel	0,6
Soufre	5,4
Protoxyde de nickel	
	100,00

Serès. — Analyse de Berzélius[1] :

La partie magnétique comprend :

Fer nickelé	82,74
Pyrrhotine	17,26
Fer nickelé :	
Fer	77,94
Nickel	4,80
	82,74

La pyrrothine contient :

Fer	10,43
Soufre	6,83
	17,26

La masse silicatée soumise à l'acide donne :

Partie attaquable	47,5
Partie non attaquable	52,5
	100,0

Partie attaquable :

Silice	28,7
Protoxyde de fer	29,6
Magnésie	40,0
Soude	0,9
Potasse	0,8
	100,0

1. *Poggend. Ann.*, t. XVI, p. 618.

Partie inattaquable :

Silice	49,83
Sesquioxyde de fer	9,52
Magnésie	14,48
Soude	1,47
Potasse	3,22
Protoxyde de manganèse	4,57
Sesquioxyde de chrome	0,95
Alumine	5,33
Chaux	3,54
Protoxyde de nickel	0,19
	93,10

Densité : 3,7113, d'après Rumler.

Mezo-Madaras. — Wöhler et Atkinson[1] ont trouvé que les grenailles métalliques renferment :

Fer	18
Nickel	1,45
Cobalt	0,05
	19,50

La partie pierreuse se divise en :
1° Silicate attaquable :

Silice	51,84
Magnésie	37,46
Alumine	5,08
Chaux	1,70
Soude	3,44
Potasse	0,30
	99,82

2° Silicate inattaquable surtout pour des chondres :

Silice	60,70
Magnésie	15,20
Alumine	1,85
Chaux	3,05
Soude	1,91
Potasse	1,13
Protoxyde de fer	15,25
Graphite	0,82
	99,91

1. *Wien. Akad. Ber.*, t. XVII, p. 284.

Densité, 3,5, d'après Knopfler[1].

Bremerworde. — Analyse de Wöhler[2] :

Fer	21,61
Nickel	1,89
Silice	45,40
Magnésie	22,40
Protoxyde de fer	4,36
Alumine	2,34
Soude	1,18
Potasse	0,37
Fer chromé	0,31
Graphite	0,14
Cobalt	traces
Phosphore	traces
Soufre	traces
Chaux	traces
Protoxyde de manganèse	traces
	99,60

Densité : de 3,5212 à 3,5495, d'après Haussmann[3].

Trenzano. — Un fait bien singulier c'est que la particularité citée tout à l'heure à propos de la chute de Sigena se reproduit et bien plus nettement pour la chute de Trenzano : certains échantillons sont des Parnallites et d'autres des Sigénites.

Au Muséum on voit un échantillon de Trenzano du type Parnallite qui a été donné par M. R. P. Greg (de Manchester).

Parnallee. — La météorite tombée le 28 février 1857, à Parnallee, près de Madura, dans les Indes anglaises, a déjà fourni le sujet de plusieurs mémoires très intéressants. Je citerai d'une manière toute spéciale ceux qu'on doit au si regrettable M. de Haidinger, dont le vaste savoir n'avait d'égal que l'inépuisable bienveillance[4], et qui comprennent une description très soignée de la pierre et une relation très complète des circonstances qui ont accompagné sa chute[5]. D'un autre côté, M. E. Pfeiffer (d'Iéna) a soumis la météorite de Parnallee à une analyse chimique qui représente évidemment beaucoup de travail[6], mais qui cependant ne me paraît pas aussi instructive qu'on serait en droit de l'espérer, et ce qui me reste à dire justifiera, j'espère, ce jugement.

1. *Wien. Akad. Ber.*, t. XI, p. 674.
2. *Poggend. Ann.*, t. XCVI, p. 626.
3. *Poggend. Ann.*, t. XCVIII, p. 609.
4. *Der Meteor steinfall von Parnallee* Ak. Wien, 7 février 1861. — *Der Meteor von Parnallee*. Id. 4 juillet 1861. — *Parnallee. Dritter Bericht.* Id. 15 mai 1863.
5. M. Cassels avait déjà donné un récit circonstancié de cette chute et divers détails minéralogiques et chimiques dont plusieurs paraissent d'ailleurs peu exacts, comme la proportion de nickel viddarment beaucoup exagérée. V. *Silliman's American J.*, 2e série, t. XXXII.
6. *Procentische Zuzammen setzung des Meteorsteines von Parnallee.* Ak. Wienn, 15 mai 1863.

Malgré ces diverses publications, la météorite indienne m'a paru offrir encore le sujet d'une étude intéressante au point de vue de la géologie comparée. Mes recherches ont porté surtout sur les échantillons enregistrés dans les catalogues du Muséum d'histoire naturelle, sous les numéros 2Q.115; 2Q.177; 2Q.267; et 2Q.400. Le premier a été donné à notre collection par le British Museum; le second par M. Ch. Young, professeur au Western College de Hudson (Ohio); le troisième par C. U. Chepard et le dernier, par M. le Dr Lawrence Smith, professeur à l'Université de Louisville (Kentucky). Mes résultats s'appliquent également en grande partie, aux pierres tombées à Cabarras (Caroline du Nord), le 31 octobre 1849; à Mezo-Madaras (Transylvanie), le 4 septembre 1852; et à Bremerwörde (Hanovre), le 13 mai 1855; pierres qui paraissent identiques à la météorite qui va m'occuper spécialement.

La pierre de Parnallee offre une structure tout à fait remarquable. M. Silliman, en publiant le travail de M. Cassel, qui vient d'être cité, la qualifie de *pisolithique* [1]. Mais cette expression paraît tout à fait impropre.

En effet, la structure de la roche extra-terrestre est rigoureusement celle de nos grès à gros grains. Il est bien vrai que certaines particules pierreuses sont enveloppées de couches successives de troïlite et que du fer nickelé est venu quelquefois s'appliquer sur certains grains de nature variée (circonstances qui se trouvent réunies, par exemple, dans l'échantillon n° 115); mais cela résulte manifestement d'actions postérieures à la formation même du conglomérat.

Cynthiana. — C'est ici que nous rangeons la roche tombée à Cynthiana le 23 janvier 1877, tout en reconnaissant de grandes différences avec le type : peut-être y aura-t-il lieu de procéder ultérieurement à un remaniement.

M. Smith [2] lui assigne une densité égale à 3,41. Son poids était de 6 kilogrammes; sa structure est essentiellement bréchiforme.

L'acide l'a scindé en :

Matière soluble	56,50
Matière insoluble	43,50
	100,00

Outre la pyrrhotine, la matière soluble renferme :

Silice	33,65
Protoxyde de fer	30,83
Alumine	0,11
Chaux	traces
Magnésie	34,61
	99,20

1. *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 680, Lawrence Smith.
2. *Sillim. Amer J.*, 3e série, t. XIV, p. 224 (1877).

La partie inattaquable donne :

Silice	57,60
Protoxyde de fer	11,42
Alumine	0,43
Chaux	5,70
Magnésie	23,97
Oxyde de chrome	0,38
Soude	1,24
	100,04

Le fer nickelé, qui représente 5,93 p. 100 de la météorite, contient :

Fer	90,64
Nickel	8,35
Cobalt	0,73
	99,72

La composition minéralogique de la météorite de Cynthiana serait, d'après Smith :

Minéraux péridotiques	50,00
Bronzite et minéraux pyroxéniques	38,00
Fer nickelé	6,00
Troïlite	5,50
Fer chromé	0,52
	92,02

45[e] TYPE.

CHLADNITE. (G. Rose.)

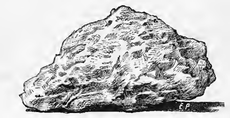


Fig. 73. — Chladnite tombée le 25 mars 1843 à Bishopville (Caroline du Sud). Grandeur naturelle.

Roche extrêmement friable dans laquelle on distingue de grandes parties tout à fait blanches, lamellaires, reliées par une sorte de ciment d'un gris très clair où se trouvent empâtés de tout petits grains complètement noirs, et d'autres d'un jaune plus ou moins ocreux. *Densité :* 3,039 (Sartorius de Waltershausen). — *Composition minéralogique :* Cette roche est formée surtout d'enstatite blanche opaque, à laquelle se trouvent mélangés un peu de labrador, du fer nickelé, de la troïlite, etc.

Chutes principales :

1843, 25 mars. Bishopville (Caroline du Sud, États-Unis).

1848, 20 mai. Castine (Maine, États-Unis).

Bishopville. — D'après une analyse faite par M. Shepard[1], elle serait formée de :

Chladnite (MgO,SiO^3)	90
Anorthite	6
Fer nickélifère	2
Pyrite, soufre, etc.	2
	100



Fig. 74. — Chladnite tombée le 25 mars 1843 à Bishopville (Caroline du Sud). Lame mince vue au microscope.

Cette composition immédiate a été déduite des analyses élémentaires suivantes, dont la première est de M. Shepard et l'autre de M. Sartorius de Waltershausen[2].

1. *Silliman's American Journ.*, 2[e] série, t. II, p. 392.
2. *Annalen der Chimie und Pharmacie*, t. LXXIX, 369.

Silice	70,71	67,14
Magnésie	28,25	27,11
Alumine	»	1,48
Sesquioxyde de fer	»	1,48
Chaux	»	1,82
Soude	1,39	»
Eau	»	0,97
	100,35	99,92

La pierre de Bishopville se distingue à première vue des météorites des types communs par la couleur presque blanche de sa pâte. Sa cassure est irrégulière et l'on reconnaît facilement qu'elle renferme beaucoup de grands cristaux blancs qui lui donnent une apparence porphyroïde. On aperçoit çà et là de petites taches ocreuses, dues évidemment à la suroxydation d'un composé ferrugineux. De très rares grains d'un jaune de bronze, analogues pour l'aspect au sulfure magnétique de fer, se voient aussi dans la masse. Enfin, de petits points noirs sont disséminés en assez grand nombre.

De toutes les roches terrestres, celles qui à première vue et indépendamment de leur composition ressemblent le plus à la météorite qui nous occupe, sont certaines variétés de trachytes porphyroïdes. Les cristaux disséminés sont tout fendillés et il faut les manier avec précaution pour ne pas les désagréger, tant est grande leur friabilité.

Un vernis enveloppe la météorite de Bishopville. Il est marbré de blanc et de gris avec de toutes petites veines noires. Il se distingue de la croûte des météorites ordinaire, non seulement par sa couleur, mais encore par un éclat bien plus vif, au moins dans certaines parties.

D'après M. Sartorius de Waltershausen, la densité de la météorite de Bishopville est égale à 3,039 [1].

46e TYPE.

ORNANSITE. (STAN. MEUN.)

Roche d'un gris foncé entièrement oolithique et tellement friable qu'elle tache les doigts au moindre contact. Le ciment des globules est invisible. — *Densité:* 3,599 (Pisani). — *Composition minéralogique :* Le péridot constitue les trois quarts de cette roche; il est mélangé à des silicates magnésiens plus acides, à du fer nickelé et à de la troïlite. On y constate aussi des traces de fer chromé.

Chutes principales :
1868, 11 juillet. Ornans (Doubs, France).
1877, 1er janvier. Warrenton (Missouri, États-Unis).

1. Voyez dans le *Journal de Silliman*, t. XXVI, juillet 1883, une étude de M. E. Wadsworth sur cette question.

Ornans[1]. — La densité de la météorite d'Ornans est de 3,599 (en petits fragments).

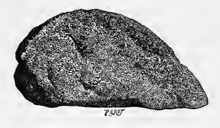


Fig. 75. — Ornansite tombée le 1 janvier 1877 à Warrenton (Missouri). Grandeur naturelle.

Dans le matras, elle ne change point d'aspect. Chauffée dans un tube ouvert, elle devient rouge en dégageant de l'acide sulfureux. Au chalumeau, elle est fusible en scorie noire magnétique. Sur la coupelle, avec le carbonate de soude et le nitre, elle donne une faible réaction de manganèse. Au spectroscope, on voit la chaux et la soude.

Elle est attaquable en grande partie par l'acide chlorhydrique avec dégagement d'hydrogène sulfuré en formant une gelée abondante.

Le fer est tellement disséminé dans la masse avec la pyrite magnétique, qu'il a été impossible de la séparer au barreau aimanté, tant en opérant à sec qu'en opérant sous l'eau.

On finit par attirer toute la masse par petites portions, ce qui tient sans doute à ce que la pyrite est aussi attirable tout en étant très intimement mélangée avec le reste.

Dans l'impossibilité de déterminer la quantité de fer nickélifère au moyen du barreau aimanté, M. Pisani a employé un moyen détourné pour y arriver, en déterminant le volume d'hydrogène dégagé par l'acide chlorhydrique. Il est vrai qu l'on obtient ainsi seulement la quantité totale de fer et de nickel; mais, en tenant compte de la quantité moyenne de nickel que contiennent les fers météoriques, on peut avoir, du moins très approximativement, la teneur en fer nickélifère de cette météorite. Ce moyen est même à recommander, non seulement dans ce cas particulier, mais encore comme contrôle dans le cas ordinaire de ces analyses où l'on détermine le fer nickélifère au moyen du barreau aimanté; en effet, par ce dernier procédé, quelque précaution qu'on prenne, on a ordinairement une certaine quantité de silicate mêlée au fer.

La pyrite qui se trouve dans cette météorite n'est pas le sulfure simple, mais bien le sulfure Fe^7S^8, puisqu'en déterminant la quantité d'hydrosulfure dégagée par l'acide chlorhydrique, M. Pisani a trouvé une quantité de soufre moindre que celle obtenue par lui en attaquant la météorite par l'eau régale et déterminant le soufre au moyen du chlorure de baryum.

1. Note de M. Pisani, *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 663.

Voici le résultat de l'analyse :

Analyse totale :

Silice	51,23	
Alumine	4,32	
Oxyde ferreux	24,71	
Oxyde de manganèse	traces	
Magnésie	24,40	
Chaux	2,27	
Soude, potasse	0,55	
Oxyde de nickel	2,88	
Fer nickélifère	1,85	
Soufre	2,69	6,81 Fe^7S^8
Fer	4,12	
Cuivre	traces	
Fer chromé	0,40	
Phosphore	traces	
	99,42	

Silicate attaquable :

		Oxygène		Rapport
Silice	25,06	13,55		
Alumine	2,95	1,37		1
Oxyde ferreux	23,10	5,14	14,04	1
Magnésie	19,80	7,92		
Chaux	1,31	0,57		
Oxyde de nickel	2,88	0,61		

Silicate inattaquable :

		Oxygène
Silice	6,17	3,30
Alumine	1,37	0,63
Oxyde ferreux	1,61	0,35
Magnésie	4,60	1,84
Chaux	0,96	0,27
Soude, potasse	0,55	0,14
	15,26	

Cette météorite est donc composée de :

Péridot	75,10
Silice inattaquable	15,26
Fer nickélifère	1,85
Pyrite magnétique, Fe^7S^8	6,81
Fer chromé	0,40
	99,42

On voit par ce résultat que, dans cette météorite, le péridot domine bien plus que dans la plupart des autres météorites connues, la quantité moyenne du péridot étant ordinairement de 50 p. 100, tandis qu'elle est ici de 75 p. 100. On a dû considérer le nickel comme étant à l'état d'oxyde dans le silicate attaquable et non combiné au fer et au soufre, d'abord parce que le volume d'hydrogène dégagé était insuffisant pour une telle quantité, ensuite parce que dans un essai fait par lévigation, il a trouvé du nickel dans les parties les plus légères comme dans les plus lourdes, ce qui, sans doute, n'aurait pas eu lieu, si ce nickel se fût trouvé à l'état de sulfure, dont la densité est plus grande que celle de la masse pierreuse.

La météorite d'Ornans[1] est si peu cohérente qu'elle se désagrège sous la simple pression des doigts; on ne peut même en toucher la cassure, sans qu'il en adhère aux doigts de la poussière. C'est un caractère extrêmement rare, qui suffirait déjà à la distinguer des météorites du type commun.



Fig. 76. — Ornansite tombée à Warrenton le 1er janvier 1877.
Lame mince vue au microscope.

Si l'on examine la matière désagrégée, on reconnaît à l'œil nu, ou mieux à la loupe, qu'elle se compose d'innombrables petits globules, les uns sensiblement sphéroïdaux, les autres de formes diverses, mais toujours arrondis.

Ces globules ont un diamètre inférieur à $^1/_3$ de millimètre ($0^{mm},30$). Il en est même beaucoup dont le plus grand diamètre n'est que de $0^{mm},20$ à $0^{mm},10$; d'au-

1. Daubrée, *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XXVI, p. 95, séance du 2 novembre 1868.

tres, enfin, sont encore moindres. La partie la plus ténue, examinée au microscope, paraît aussi globulaire pour la plus grande partie, si ce n'est même entièrement.

On sait que, pour la plupart, les météorites pierreuses présentent dans leur cassure des formes globulaires qui, dans la classification de M. Gustave Rose, ont valu au principal groupe le nom de *chondrites*. Mais la météorite d'Ornans diffère de celles qui ont été décrites par le développement dans toute la masse, par l'uniformité et par la finesse de la structure globulaire.

Parmi les roches terrestres qui se rapprochent le plus, pour la structure, de la météorite d'Ornans, on peut citer le calcaire oolithique, si abondant dans certains étages du terrain jurassique, ainsi que dans certains quartz, comme on en trouve dans les terrains tertiaires du Berry, par exemple, et qui paraissent provenir d'une épigénie du calcaire oolithique sous-jacent. Quant aux roches terrestres formées de silicates, comme la partie oolithique des météorites, il en est beaucoup de globulaires, telles que les pyromérides de Corse, certaines roches feldspathiques de l'île d'Aran, les perlites, etc. Mais entre ces roches et la pierre d'Ornans, il existe des différences du même genre que celles qui séparent de cette dernière les autres météorites oolithiques.

Les globules qui constituent la météorite d'Ornans paraissent être à peu près dépourvus de ciment soumis à l'action de l'eau distillée, ils ne donnent que des traces de sel soluble consistant en sulfate de magnésie et d'alcali, sans fer.

Il n'est d'ailleurs pas besoin de cette petite quantité de substance saline pour expliquer la faible agglutination que présente la pierre; car il est remarquable que, quand les globules ont été désagrégés par la pression, on peut les réagglutiner, en leur apportant un peu d'eau, et on reconstitue ainsi, en quelque sorte, la météorite primitive.

Examinés au microscope, les globules d'Ornans sont opaques sur presque toute leur étendue. Ils perdent cette opacité quand on les traite par l'acide chlorhydrique, ce qui paraît résulter de la dissolution du fer métallique, qui forme comme un enduit à leur surface. Une fois décapés de cette manière, ils agissent sur la lumière polarisée.

Si l'on écrase les globules, on obtient un grand nombre de fragments transparents, qui agissent aussi très vivement sur la lumière polarisée et se comportent comme des fragments de cristaux. On peut alors reconnaître que leur structure ne présente pas de couches concentriques, ni de fibres rayonnants, à partir du centre, ainsi qu'on le trouve dans certains pisolithes terrestres, tels que ceux de Carlsbad, formés par des dépôts successifs.

Ces derniers caractères négatifs paraissent d'ailleurs se trouver en général dans les globules si fréquents dans les météorites, ainsi qu'il résulte de l'examen microscopique qui en a été fait par M. Gustave Rose[1]. Ce savant y a seulement constaté des faisceaux de lignes parallèles.

Warrenton. — La météorite de Warrenton est si semblable à la météorite tombée à Ornans le 11 juillet 1868, que ces deux météorites paraissent détachées du même bloc.

1. *Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten*, 1864, p. 93.

La météorite de Warrenton est très friable, ce qui explique sa division en fragments lors de son arrivée sur le sol. D'après M. Smith, sa densité est 3,46 et la proportion de grains métalliques y est faible.

Sous l'influence de l'acide chorhydrique, la masse s'est scindée [1] en :

Partie insoluble	19,60
Partie soluble	80,40
	100,000

La portion soluble renfermait :

Silice	33,02
Protoxyde de fèr	27,57
Alumine	0,12
Chaux	traces
Magnésie	28,41
Soude	0,07
Oxyde de nickel	1,55
Oxyde de cobalt	0,31
	101,04

Dans la partie insoluble on a trouvé :

Silice	56,90
Protoxyde de fer	10,20
Alumine	0,20
Chaux	7,62
Magnesie	22,41
Soude	1,00
Oxyde de chrome	0,33
	97,66

Le fer nickelé séparé mécaniquement donne :

Fer	88,51
Nickel	10,21
Cobalt	0.60
	99,32

D'après cette analyse, la proportion des minéraux constitutifs est à peu près comme il suit :

Péridot	76,00
Bronzite et pyroxène	18,00
Fer nickelé	2,00
Troïlite	3,50
Fer chromé	0,50
	100,00

Le péridot forme donc les $^4/_5$ de la masse pierreuse [2].

1. *Smith. Silliman*, 3e série, t. XIV, p. 222 (1877).
2. *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 68 et p. 679.

47e TYPE.

HOWARDITE. (G. Rose.)

Roche d'un gris cendré, renfermant des fragments anguleux blancs, de petits grains noirs et des cristaux verts. Çà et là quelques taches ocreuses. — *Densité :* 3,1756 (Rumler). — *Composition minéralogique ;* Mélange d'anorthite et de péridot auquel s'ajoute un peu de silicate magnésien plus acide, voisin de l'enstatite. On y trouve aussi le fer nickelé et la troïlite.

Chutes principales :

1813, 13 décembre. Luotalaks (Finlande, Russie).
1827, 5 octobre. Bialystock, Knasta (Pologne).
1845, 14 juillet. Le Teilleul (Manche, France).
1855, 5 août. Petersburgh, Lincoln Cy (Tennessee, États-Unis).
1868, 5 décembre. Franckfort (Alabama, États-Unis).
1882, 2 août. Pawlowka, Balachoff, Saratoff (Russie).

Fig. 77 — Howardite tombée le 14 juillet 1845 au Teilleul (Manche
Grandeur naturelle.

Luotalaks. — Densité : 3,07.

Analyse de la partie attaquable que Berzélius[1] considère comme étant de l'olivine.

1. *Gilb. Ann.*, t. LXVII, p. 570.

Silice	37,44
Magnésie	32,922
Protoxyde de fer	28,610
Protoxyde de manganèse	0,793
Oxyde de cuivre	traces.
Alumine	0,264
	100,29

La partie inattaquable représente 6,37 pour 100; elle renferme 1 pour 100 de fer chromé avec étain.

Arppe qui, plus récemment a repris ce sujet, a publié les résultats suivants[1].

Analyse de la masse totale :

Silice	48,57
Alumine	11,61
Chaux	8,43
Magnésie	10,76
Protoxyde de fer	18,31
Protoxyde de manganèse	0,50
Potasse. / Soude	0,58
Sesquioxyde de chrome	1,20
Bioxyde d'étain	0,10
	100,06

La partie inattaquable se compose de :

Silice	46,50
Chaux	1,84
Magnésie. / Protoxyde de fer	30,34
Protoxyde de manganèse. / Bioxyde d'étain	0,01
	78,69

La partie attaquable :

Alumine	9,75
Chaux	5,96
Magnésie. / Protoxyde de fer. / Protoxyde de manganèse	5,97
	21,68

1. *Acta Soc. Scient. Fenn*, t. VIII, p. 57 (1867).

Composition des corpuscules noirs :

Silice	47,53
Alumine	15,21
Chaux	12,36
Magnésie	6,65
Protoxyde de fer	18,82
Bioxyde d'étain	0,80
	101,37

En résumé, l'auteur est parvenu à extraire de la masse générale gris clair de la météorite trois sortes de grains parfaitement caractérisés.

Les uns, d'un jaune grisatre, consistent en olivine.

D'autres, blancs, ont d'abord été comparés par M. Nordenskiold à de la leucite, mais conformément aux conclusions de G. Rose, M. Arppe les regarde comme formés d'anorthite.

Enfin des grains noirs, à poussière brune, associés au minéral blanc, consistent en pyroxène-augite.

Bialystock. — Densité : 3,1756, d'après Rumler.

Petersburgh. — La météorite tombée à Petersburgh est essentiellement feldspathique. M. Lawrence Smith y a trouvé[1] :

Silice	49,21
Alumine	11,05
Protoxyde de fer	20,41
Chaux	9,01
Magnésie	8,13
Protoxyde de manganèse	0,04
Fer	0,50
Nickel	traces
Phosphore	traces
Soufre	0,06
Soude	0,83
	99,23

M. Shepard pense que la composition élémentaire doit être représentée par :

Anorthite	82
Chladnite	9
Péridot	5
Augite	1
Fer nickélifère	2,5
Fer chromé	0,5
Fer sulfuré	0,5
	100,0

1. *Silliman's American*, 2e série, t. XXIV, p. 134 et t. XXXI, p. 264.

Le Teilleul. — La météorite du Teilleul, dont la grosseur dépasse peu celle du poing, présente grossièrement la forme d'un prisme pentagonal très aplati, dont les arêtes sont légèrement émoussées. Son poids est d'environ 780 grammes.

Comme il arrive toujours, cette météorite est complètement enveloppée d'une croûte noirâtre, qui s'est formée à sa surface, pendant qu'à l'état d'incandescence elle traversait l'atmosphère terrestre.

Au lieu d'être terne, comme dans le plus grand nombre des cas, cet enduit superficiel est brillant.

Le réseau de petites veinules qui s'entre-croisent à sa surface montre que la pellicule de matière fondue était agitée au moment où elle s'est consolidée. Vue en écailles minces, cette substance est vitreuse, transparente et verdâtre.

D'après les caractères de la croûte, on pourrait supposer que la météorite du Teilleul n'appartient pas au type magnésien qui, comme on le sait, a une écorce mate. En effet, dès qu'on en examine la cassure, on reconnaît qu'elle diffère minéralogiquement de la plupart des météorites connues.

Au milieu d'une teinte générale gris clair on distingue des grains, les uns d'un vert foncé, les autres d'un vert clair, ainsi que des parties tout à fait blanches. Le tout se présente avec une texture bréchiforme, rappelant celle d'un tuf volcanique, ainsi qu'on peut le reconnaître à l'œil nu, et surtout à l'aide de la loupe et du microscope (fig. 77). Une partie de la pâte paraît résulter de la pulvérisation de substances semblables à celles qui s'y montrent encore en gros grains, atteignant quelques millimètres dans leurs principales dimensions; la substance est friable et se désagrège sous une faible pression.

La densité de la météorite du Teilleul a été trouvée de 3,235, à la température de 18 degrés; elle compte donc parmi les plus faibles que l'on connaisse.

L'examen de plaques minces de la roche météoritique du Teilleul y a fait reconnaître les espèces suivantes :

1° Un minéral transparent et tout à fait incolore, offrant la mode habituelle des feldspaths tricliniques; des cristaux maclés, parfois très minces, s'éteignent séparément. Sur un échantillon on a reconnu, sous une forte loupe, un cristal gris violacé, un peu vitreux et présentant la gouttière. Ce feldspath triclinique présente des inclusions, comme celui des gabbros. L'angle d'extinction ne dépasse pas 37 degrés; il est, par conséquent, supérieur à celui du labradorite. La substance a donc les caractères optiques de l'anorthite, dont la présence est d'ailleurs indiquée par l'analyse chimique.

2° Des parties cristallines vertes, de nuance variable et parfois très pâle. Au premier abord, on pourrait les prendre pour du péridot; mais elles sont inattaquables par les acides ordinaires, et l'acide fluorhydrique en sépare de la magnésie. D'ailleurs, la substance possède deux clivages longitudinaux très nets qui éteignent parallèlement à leurs deux côtés et qui, par conséquent, appartiennent au système rhombique. La substance a donc tous les caractères de l'enstatite. Les inclusions opaques et alignées qui s'y trouvent en proportions variables paraissent contribuer à la diversité des teintes.

3° Un minéral de couleur plus foncée, clivable, est également remarquable par

1. *Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 544.

le grand nombre de ses inclusions, qui se présentent sous deux aspects : les unes consistent en petits grains opaques, tels que le fer oxydulé ou la troïlite; les autres sont disposés de manière à imiter les stries parallèles, en général équidistantes, très rapprochés et discontinues, que l'on pourrait prendre pour des lignes de clivage, si on ne leur reconnaissait une certaine épaisseur. Ces inclusions rappellent

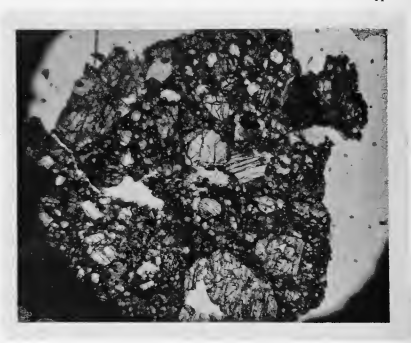


Fig. 78. — Howardite tombée le 14 juillet 1845 au Teilleul (Manche). Lame mince vue au microscope.

tout à fait celles qui sont habituelles à la diallage. A la loupe on distingue, sur un échantillon, des contours qui pourraient appartenir aux faces *p*, *a* et h^1. En outre, d'après leurs caractères optiques, ces cristaux sont clinorhombiques.

4° Des fragments de cristaux presque incolores, ayant des clivages longitudinaux, avec la surface chagrinée habituelle au péridot; ils agissent sur la lumière polarisée plus vivement que l'enstatite. C'est sans doute ce minéral qui correspond à la partie de la météorite faiblement attaquable par les acides, auxquels elle cède de la magnésie.

Des grains opaques, qui ne représentent ensemble qu'une très faible portion du poids total, appartiennent eux-mêmes à trois espèces.

5°-6°. Le barreau aimanté attire à la fois des grains de fer nickelé et des grains de pyrrhotine.

7° Le résidu renferme des grains noirs, inattaquables aux acides, donnant avec le borax la réaction du chrome et présentant les caractères du fer chromé.

La faible proportion de substance magnétique explique pourquoi la météorite, prise en masse et sa croûte elle-même n'agissent pas sensiblement sur l'aiguille

aimantée. Soumise à un électro-aimant à 4 éléments, la substance s'est séparée en deux parties, pesant :

L'une	0,046	Pour 100	0,002
L'autre.	2,258	»	0,980
	2,304		0,982

D'après une analyse faite sous la direction de M. Schlœsing, la météorite du Teilleul a donné les résultats suivants :

Il n'y a pas trace de matières solubles dans l'eau.

Sous l'action de l'acide nitrique bouillant, la substance se décompose en deux parties :

Partie soluble.	26,3
Partie insoluble.	73,7
	100,0

La partie attaquable par l'acide nitrique présente la composition suivante :

		Pour 100
Silice	10,32	39,20
Alumine (avec un peu d'oxyde de fer) .	11,71	44,56
Magnésie	0,39	1,40
Chaux.	3,88	14,70
	26,30	99,86

Cette composition se rapproche de celle de l'anorthite ; l'écart s'explique aisément par la nature hétérogène de la pierre.

La petite quantité de magnésie et de fer correspond sans doute à un mélange de péridot, dont la proportion serait très petite.

Franckfort. — M. Rammelsberg pense que cette météorite ne contient pas de péridot, et en conséquence il est d'avis qu'on doit la considérer comme appartenant au type eukrite.

Cette conclusion nous paraît contraire à l'observation directe de certains échantillons où l'olivine est facilement discernée. D'ailleurs les caractères extérieurs ne permettent pas d'identifier cette météorite avec les eukrites proprement dites.

Les mêmes observations s'appliqueront à la howardite de *Petersburgh.*

48e TYPE.

CHASSIGNITE. (G. Rose.)

Roche grenue, serrée, dure, d'un gris jaunâtre, renfermant çà et là de très petits grains tout à fait noirs. — *Densité* : 3, 5566 (Rumler). — *Composition minéra-*

logique : Presque exclusivement constituée par le péridot hyalosidérite, cette masse contient en outre quelques centièmes de pyroxène et de fer chromé.

Chute principale :

1815, 3 octobre. Chassigny, Langres (Haute-Marne).

Chassigny. — La météorite de Chassigny a été, de la part de M. Damour, le sujet d'une très intéressante étude[1].

Elle se distingue des autres météorites par sa teinte d'un jaune pâle. Examinée à la loupe, elle paraît formée d'une multitude de petits grains arrondis, présentant un éclat vitreux, parmi lesquels on voit disséminés, çà et là, quelques grains d'un noir foncé. Elle raye le verre, mais avec difficulté, par suite de sa disposition à s'égrener et à se laisser écraser sous une faible pression. Sa densité est égale à 3,57.

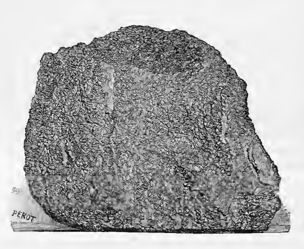


Fig. 79. Chassignite tombée le 3 octobre 1815 à Chassigny (Haute-Marne). Grandeur naturelle.

M. Damour n'y a trouvé ni fer métallique ni nickel, et déclare qu'elle n'est point magnétique. Nous avons eu la preuve qu'il n'en est pas complètement ainsi, ayant assisté à quelques expériences faites au laboratoire de géologie du Muséum par M. Lawrence Smith et desquelles il résulte que la pierre de Chassigny renferme de très petits grains de fer métallique très malléable et très magnétique. La mince croûte noire qui enveloppe cette météorite est attirable, ainsi que M. Damour l'a lui-même reconnu.

1. *Comptes rendus*, etc., t. LV, p. 591.

L'analyse faite par M. Damour a donné les résultats que voici :

Silice	35,50
Magnésie	31,76
Protoxyde de fer	26,70
Protoxyde de manganèse	0,45
Oxyde de chrome	0,75
Potasse	0,66
Fer chromé, pyroxène	3,77
	99,39

Vauquelin avait trouvé en 1816 :

Silice	33,90
Magnésie	32,00
Protoxyde de fer	31,00
Chrome	2,00
	98,90

Les résultats de M. Damour s'accordent parfaitement avec la formule chimique du péridot ferrugineux connu sous le nom de hyalosidérite.

49e TYPE.

IGASTITE. (Stan. Meun.)

Roche d'un gris violacé d'aspect tout à fait analogue à celui de la ponce, légère, boursouflée, remplie de vacuoles dont la surface interne est luisante comme à la suite d'une fusion. — *Densité :* en morceau, 1,540 (Grewinck) ; en poudre, 2,679 (le même). — *Composition minéralogique :* Cette roche, essentiellement différente de toutes les autres météorites, paraît résulter d'un mélange d'un feldspath ayant la formule de l'orthose avec du quartz en grossiers fragments ; l'analyse y décèle en outre du chlorure de sodium, du chlorure de potassium et du sulfate de potasse en petites quantités.



Fig. 80. — Igastite tombée le 17 mai 1855 à Igast (Livonie). Échantillon un peu grossi.

Chute principale :
1855, 17 mai. Igast (Livonie, Russie).

Igast. — Cette météorite, est représentée au Muséum par deux petits échantillons dont l'un lui a été donné par M. le professeur Grewinck, de Dorpat. Elle offre des caractères absolument spéciaux; aucune autre pierre cosmique ne lui est analogue.

Elle est d'un gris violâtre et a rigoureusement la structure de certaines ponces. Elle est légère, caverneuse, mais agit très énergiquement sur l'aiguille aimantée.

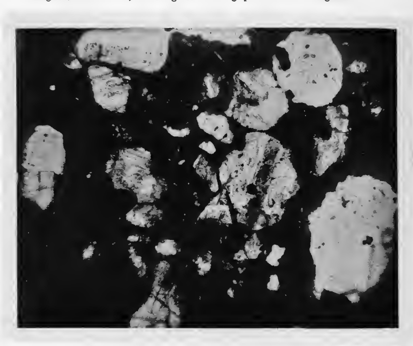


Fig. 81. — Igastite tombée le 17 mai 1855 à Igast (Livonie). Lame mince vue au microscope.

D'après l'analyse publiée par M. le professeur Grewinck[1], elle contient :

Quartz grossier en fragments inattaquables par l'acide fluorhydrique. .	20,037
Silicate du type de l'orthose (RO. R^2O^3,$4SiO^3$).	58,140
Chlorure de sodium, Chlorure de potassium, Sulfate de potasse	petite quantité.
	78,177

On doit désirer très fortement des détails complémentaires sur cette roche qui n'est admise parmi les météorites qu'en raison du témoignage de M. Grewinck relativement aux circonstances de la chute, ainsi qu'on le verra plus loin[2].

1. *Die Meteoriten in Sammlungen*, 2e supplément.

2. Voyez sur la météorite d'Igast : F. J. Wiik, 30 *mikroskopisk undersökning af naagra paa universitetetz mineralkabinett befintliga meteoritter.* — Finska Vet. Soc. Forh, t. XXIV, p. 5 (1882).

50ᵉ TYPE.

EUKRITE. (G. Rose.)

Roche peu cohérente, résultant de l'enchevêtrement de cristaux, les uns blancs, les autres noirs : elle rappele à première vue certaines variétés de dolérite. — *Densité :* 3,077 à 3,1219 (Rumler.) — *Composition minéralogique :* Cette roche consiste essentiellement en un mélange bien distinct d'augite et d'anorthite auquel s'ajoutent un peu de fer chromé et de pyrite magnétique, ainsi, paraît-il, que des traces de fer nickelé. L'analyse y décèle aussi l'apatite et la titanite.

Chutes principales :
1808, 22 mai. Stannern, Iglau (Moravie).
1819, 13 juin. Jonzac, Barbezieux (Charente-Inférieure, France).
1821, 15 juin. Juvinas, Libonnez (Ardèche, France).
1865, 25 août. Sherghotty, Behar (Inde).
1883. — Adalia, Konia (Asie mineure).



Fig. 82. — Eukrite tombée le 15 juin 1821 à Juvinas (Ardèche). Grandeur naturelle.

Stannern. — D'après M. Rammelsberg, la météorite tombée le 22 mai 1808 à Stannern en Moravie contient :

Anorthite	34,00
Augite	65,00
Fer chromé	0,54
Fer sulfuré	traces
	99,54

Sa densité est égale à 3,1529 d'après Rumler.

Jonzac. — Densité : 3,0897, d'après Rumler.

Analyse de Laugier :

Silice	46
Magnésie	1,6
Chaux	7,5
Sesquioxyde de fer	36
Sesquioxyde de manganèse	2,8
Sesquioxyde de chrome	1
Alumine	6
Soufre	1,5
	102,4



Fig. 83. — Eukrite tombée le 22 mai 1808 à Stannern (Moravie). Lame mince vue au microscope.

Juvinas. — La pierre tombée à Juvinas représente, parmi les météorites alumineuses, un type intéressant en ce qu'il se rapproche beaucoup, quant à la composition, de certaines laves volcaniques terrestres.

Elle a été analysée par Rammelsberg [1], qui y a reconnu l'existence d'une matière attaquable par les acides et formant 36,77 pour 100 du poids total, et d'une matière inattaquable dont la proportion est égale à 63,23.

1. *Poggendorff's Annalen*, t. LXXIII, p. 585.

La première de ces substances contient :

Silice	44,38
Alumine	33,73
Sesquioxyde de fer	3,29
Chaux	18,07
Magnésie	0,36
Soude	1,03
Potasse	0,35
Acide phosphorique	0,54
Sulfure de fer	0,71
	102,44

La matière inattaquable est formée de :

Silice	52,07
Alumine	0,24
Protoxyde de fer	30,81
Chaux	5,68
Magnésie	9,98
Soude	0,41
Acide titanique	0,16
Fer chromé	2,13
	101,48

M. Rammelsberg exprime ces résultats de la manière suivante :

Feldspath anorthite	36
Pyroxène augite	60
Fer chromé	1,05
Sulfure de fer	0,25
Apatite	traces
Titanite	traces
	97,75

Il y a lieu de douter de l'absence complète du fer métallique.

Quelques expériences portent à penser qu'il y existe en proportion excessivement faible; les totaux élevés 102,44 et 101,48, obtenus par M. Rammelsberg, s'expliqueraient aussi par le dosage, à l'état oxydé, de fer existant réellement sous la forme métallique.

Sherghotty. — Dans sa Dissertation inaugurale[1], M. Crook a donné de la météorite de Sherghotty l'analyse suivante :

1. Publiée en anglais à Gœttingue en 1868.

Fer nickelé	9,44
Chromite	0,32
Silice	36,21
Alumine	1,87
Protoxyde de fer	27,04
Magnésie	24,11
Chaux	0,44
Soude	0,22
Potasse	0,11
	99,76

D'après une analyse du Dr Ludwig[1], cette même météorite contiendrait :

Silice	50,21
Alumine	5,90
Protoxyde de fer	21,85
Magnésie	10.00
Chaux	10,41
Soude	1,28
Potasse	0,57
	100,22

On remarque que ces chiffres diffèrent considérablement de ceux qui précèdent.

Adalia. — L'examen d'une lame mince m'a montré l'existence de l'anorthite très nettement caractérisé par son extinction sous des angles constamment supérieurs à 45°.

51e TYPE.

SHALKITE. (G. Rose)



Fig. 84. — Shalkite tombée le 30 novembre 1850 à Shalka (Bengale). Grandeur naturelle.

Roche se rapprochant de la howardite par son aspect général, mais en différant par un état bien plus avancé de cristallisation qui la fait miroiter, par l'absence de fragments blancs empâtés et surtout par la présence de gros cristaux noirs

1. *Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt*, n° 3 de 1871.

très lamellaires. — *Densité* : 3,412 (de Haidinger) à 3,66 (Piddington). — *Composition minéralogique* : Le péridot très riche en fer est ici tout à fait dominant; il admet en mélange le minéral noir cité plus haut, consistant en silicate de fer, et du fer chromé facile à déceler.

Chutes principales :

1850, 30 novembre. Shalka, Bancoorah (Bengale, Indes anglaises).
1871. Roda (Espagne).

Shalka. — M. de Haidinger a séparé des pierres du type commun la météorite tombée le 30 novembre 1850 à Shalka (Bengale)[1]. Elle se distingue en effet par sa composition, donnée dans l'analyse suivante par Piddington :

Silice	68,6
Sesquioxyde de fer	26,8
Alumine	0,5
Sesquioxyde de chrome	2,0
Soufre	0,10
Eau	0,12
Arsenic	traces
	98,12

On y distingue un minéral noir tout à fait caractéristique, que M. de Haidinger propose d'appeler *piddingtonite*, et qui contient, d'après M. de Hauer :

Protoxyde de fer	20,65
Magnésie	19,00
Alumine	traces
Silice	57,66

D'après M. de Haidinger, la densité de la pierre de Shalka est égale à 3,412.

M. Rammelsberg, qui a repris l'étude de cette météorite, admet que la composition minéralogique de la pierre de Shalka consiste en :

Bronzite	86,43
Olivine	10,92
Fer chromé	2,11
	99,46

La composition de la bronzite est :

Silice	55,55
Magnésie	27,73
Protoxyde de fer	16,53
Chaux	0,09
Soude	0,92
	100,82

1. *Wien. Akad. Bericht.*, t. XLI, p. 251.

Le péridot, de son côté, a donné :

Silice	35,17
Magnésie	29,03
Protoxyde de fer	35,80
	100,00

Roda. — L'analyse totale purement chimique, faite par M. Pisani[1], a donné :

Silice	51,51
Alumine	2,30
Protoxyde de fer	16,00
Magnésie	26,61
Chaux	2,31
Potasse	0,80
Pyrrhotine	1.10
Fer chromé	0,50
	101,13

La roche sous l'influence des acides se scinde en :

Partie attaquable	14,75
Partie inattaquable	85,25
	100,00

La première contient :

Silice	38,85
Alumine	4,81
Protoxyde de fer	24,27
Magnésie	23,87
Chaux	8,20
Alcalis	non dosées
	100,00

La partie inattaquable se compose de :

Silice	52,90
Alumine	1,95
Protoxyde de fer	16,12
Magnésie	26,51
Chaux	1,92
Alcalis	non dosées
	99,40

On peut interpréter ces résultats de diverses façons. M. Rammelsberg[2] fait re-

1. *Comptes rendus*, t. LXXIX, p. 1507.
2. *Abhandl. Akad. Wissensch. Berlin*, année 1879, p. 16.

marquer que la partie attaquable ne peut être exclusivement composée de péridot et qu'elle renferme en même temps un silicate alumineux comparable à l'anorthite. La composition de cette partie serait exprimée par la formule :

$$3R^2SiO^4 + 2RSiO^3,$$

où R représente les *radicaux*.

La partie inattaquable, où le rapport des bases à l'acide est comme 1,05 est à 1, consiste en une bronzite dans laquelle le fer est au magnésium avec calcium comme 1 est à 3 et le calcium au magnésium comme 1 est à 20.

Il serait désirable qu'une analyse minéralogique en fût exécutée; on a cru un moment devoir faire de cette météorite un type lithologique spécial (Rodite), mais M. Rammelsberg n'hésite pas à la faire entrer dans son type shalkite.

45e TYPE.

ORGUEILLITE. (STAN. MEUN.)

Roche noire très friable, tachant les doigts, contenant beaucoup de petits points blancs. Elle est combustible et dégage une odeur bitumineuse. — *Densité:* 1,7025 (Rumler) à 2,567 (Cloez). — *Composition minéralogique:* La masse résulte surtout du mélange de silicates magnésiens hydratés avec une ou plusieurs substances organiques analogues aux résines fossiles et spécialement à l'ozokérite. On y trouve en outre des chlorures et des sulfates alcalins et alcalino-terreux, ainsi que des cristaux de breunnerite et de pyrrhotine.

Chutes principales :
1806, 15 mars. Alais, Saint-Etienne-de-Lolm (Gard, France).
1864, 14 mai. Orgueil, Montauban (Tarn-et-Garonne, France).

Alais. — C'est à Thenard[1] que l'on doit la première analyse des météorites d'Alais. Voici ces résultats :

Silice	21,0
Protoxyde de fer	40,0
Protoxyde de nickel	2,5
Manganèse	2,0
Charbon	2,5
Magnésie	9,0
Soufre	3,5
Chrome	1,0
	81,5

1. *Annales de chimie*, t. XXXV, p. 105.

La perte éprouvée dans cette analyse fut attribuée, au moins en partie, à la présence de l'eau qu'on avait reconnue dans la pierre.

Berzélius a repris l'examen de cette météorite[1] et son travail, remarquable à plus d'un titre, la conduit à des résultats fort différents de ceux de Thenard.

D'après l'illustre chimiste suédois, la météorite d'Alais se sépare en :

Substance magnétique formée surtout d'oxyde magnétique de fer et contenant aussi des traces de fer métallique et de sulfure du même métal	13,28
Substances solubles dans l'eau : sulfate de magnésie, sulfate de chaux, sulfate de soude, sulfate de potasse. Traces de nickel et d'ammoniaque. Substance organique particulière	11,59
Substance formant la masse principale de la météorite	75,11
	100,00

Cette dernière substance, soumise à la distillation sèche, a donné :

Résidu noir passant au rouge par la combustion à l'air et très difficilement fusible	88,146
Sublimé d'un gris brun	0,944
Acide carbonique	4,328
Eau, mêlée d'acide sulfureux qui n'a pu être exactement dosé	6,582
	100,000

Enfin, voici la composition du résidu noir que nous venons d'indiquer et qui, en définitive, constitue la masse principale de la matière en analyse :

Silice	31,22
Magnésie	22,21
Protoxyde de fer	29,03
Protoxyde de manganèse	0,26
Protoxyde de nickel	1,38
Fer chromé	0,63
Alumine	2,36
Chaux	0,32
Oxyde d'étain et de cuivre	0,80
Résidu	8,69
	96,90

Orgueil. —La météorite tombée, le 14 mai 1864, dans les environs d'Orgueil (Tarn-et-Garonne), se rapproche beaucoup de celle d'Alais. Elle est uniformément noire et très friable; tous les échantillons complets sont enveloppés d'une croûte vitrifiée.

Si l'on examine certaines de ces météorites qui ont conservé en totalité la surface qu'elles avaient en arrivant sur le sol, on peut remarquer que leur croûte externe n'a pas un aspect uniforme. Sur une partie de son étendue, cette croûte est excessivement mince, unie et souvent irisée, tandis que sur une autre partie du même échantillon elle est notablement plus épaisse, rugueuse et comme chagrinée.

1. *Poggendorff's Annalen*, t. XXXIII, p. 113.

L'écorce épaisse se détache sur l'écorce mince par une sorte de rebord ou de bourrelet qui annonce qu'elle est postérieure à cette dernière, puisqu'elle s'est étendue à la surface.

On doit à M. Pisani[1] une analyse de la météorite d'Orgueil dont voici les résultats :

Silice	26,08
Magnésie	17,00
Protoxyde de fer	7,78
Chaux	1,85
Soude	2,27
Potasse	0,19
Oxyde de manganèse	0,36
Alumine	0,90
Fer chromé	0,49
Fer oxydulé	15,77
Sulfure de fer et de nickel	13,43
Eau et matière organique	13,89
	100,00

S. Cloëz s'est occupé de déterminer la composition de la matière organique, et il a trouvé qu'elle renferme :

Carbone	63,45
Hydrogène	5,98
Oxygène	30,57
	100,00

Cette composition est très voisine de celle de diverses matières humiques terrestres, telles que les tourbes et les lignites.

Les pierres tombées à Alais (Gard) sont intérieurement et extérieurement de couleur noire. Elles font varier l'aiguille aimantée et se délitent dans l'eau comme les argiles, en laissant dégager des bulles gazeuses.

Leur aspect général est analogue à celui d'une houille terreuse et sans éclat, friable et feuilletée, elles sont tachantes à la manière de la plombagine, prennent le poli des bitumes par le frottement, s'aplatissent sous le choc, et répandent au feu une légère odeur bitumineuse. Elles renferment des grains de sulfure jaune.

53e TYPE.

BOKKEVELITE. (STAN. MEUN.)

Roche analogue à la précédente pour l'aspect, mais en différant par une cohésion bien supérieure, bien que sa dureté soit à peu près la même. — *Densité :* 2,69 (Rumler) à 2,94 (Faraday). — *Composition minéralogique :* Le péridot, un silicate magnésien plus acide, le fer sulfuré (pyrrhotine ou troïlite), le chromite, le

1. *Comptes rendus*, etc., LIX, p. 132.

fer nickelé, le charbon libre, une substance bitumineuse appelée *kabaïte*, ont été reconnus par l'analyse.

Chutes principales :

1838, 13 octobre. Cold-Bokkeveldt, Tulbagh (Cap de Bonne-Espérance).
1857, 15 avril. Kaba, Debreczin (Hongrie).
1880, 30 juin. Nogoga, Conception, Entre-Rios (République Argentine).

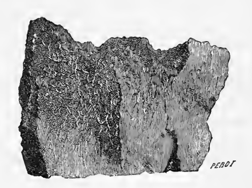


Fig. 85. — Bokkevelite tombée le 30 juin 1880 à Nogoga (République Argentine). Grandeur naturelle.

Cold-Bokkeveldt. — La météorite tombée le 13 octobre 1838 à Cold-Bokkeveldt, au Cap de Bonne-Espérance, présente une densité égale à 2,69. Elle n'agit que très faiblement sur l'aiguille aimantée.

La première analyse chimique qui en ait été faite est due à Faraday[1].

Il y a trouvé :

Silice	28,90
Protoxyde de fer	33,22
Magnésie	19,20
Alumine	5,22
Chaux	1,64
Protoxyde de nickel	0,82
Sesquioxyde de chrome	0,70
Cobalt, soude	traces
	89,70

Cette analyse ne rendant pas compte de la coloration noire de la pierre, M. Harris entreprit, sur la demande de M. Wœhler, une nouvelle série d'expériences dont les

1. *London and Edinburgh Philosophical Magazine*, 3e série. t. XIV, p. 368.

résultats très intéressants ont été publiés en 1858 par le célèbre chimiste autrichien [1].

On reconnut de suite la présence d'une matière bitumineuse. Un fragment de météorite chauffé dans un tube laissa dégager une odeur très nette de bitume. Tous les fragments dont on pouvait disposer furent alors réduits en poudre et traités par l'alcool purifié avec soin et bouillant. La liqueur filtrée était colorée en jaune pâle et laissa déposer, par une évaporation ménagée, une substance jaunâtre, molle, d'un aspect résineux ou cireux. Le résidu pouvait se dissoudre complètement dans l'alcool; il fut précipité par l'eau de la dissolution, comme si c'eût été une résine. Chauffé dans un tube, le précipité entra en fusion avec facilité et se décomposa ensuite, en laissant un résidu de charbon et en dégageant une odeur fortement bitumineuse.

Cette substance bitumineuse étant jaune, ne pouvait être la matière colorante de la météorite : il fut facile de voir que celle-ci n'est autre chose que du carbone à l'état de mélange intime dont la proportion s'élève à 1,67 pour 100.

En effet, la matière calcinée au rouge, au contact de l'air, prit une couleur d'un brun clair, et l'action des acides ne fit pas disparaître la couleur noire. Chauffée dans une atmosphère d'oxygène, elle prit soudain une coloration d'un brun clair, et il se produisit un brusque dégagement d'acide carbonique dont la quantité fut déterminée de la manière suivante : On fit passer le gaz à travers un long tube rempli de peroxyde de plomb destiné à arrêter un peu d'acide sulfureux mêlé à l'acide carbonique, puis dans l'eau de baryte et sur des fragments humides d'hydrate de potasse. On remarque pendant la calcination un abondant dégagement d'eau, bien que la poudre eût été desséchée longtemps à 100 degrés. Wœhler regarde cette eau comme hygroscopique, bien qu'il faille la température rouge pour la chasser complètement, et en conséquence elle ne figure pas dans l'analyse de M. Harris.

En voici les résultats :

Carbone	1,67
Substance bitumineuse	0,25
Fer	2,50
Nickel	1,30
Soufre	3,38
Silice	30,80
Protoxyde de fer	29,94
Magnésie	22,20
Chaux	1,70
Alumine	2,05
Oxyde de chrome	0,76
Potasse et soude	1,25
Protoxyde de manganèse	0,97
Cuivre	0,05
Cobalt }	traces
Phosphore }	
	98,78

1. *Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaft en zu Wien*, t. XXXI, p. 205. Voyez la traduction qui a été publiée en 1860 de la note de M. Wœhler par M. A. Rabuteau, répétiteur au lycée Napoléon.

On peut exprimer de la manière suivante la composition immédiate de la pierre du Cap :

Péridot	84,32
Silicate inattaquable	5,46
Sulfure de nickel et de fer	6,94
Fer chromé	1,11
Carbone	1,67
Matières bitumineuses	0,25
Phosphore, Cobalt, Cuivre	traces
	99,75

Comme on voit, le fer métallique paraît faire défaut dans cette météorite.

Kaba. — Presque tous les caractères de la météorite de Cold-Bokkeveldt se retrouvent dans celle qui est tombée le 15 avril 1857 à Kaba, au sud-ouest de Debreczin (Hongrie).

D'après l'analyse publiée par Wœhler[1], elle renferme :

Charbon	0,58
Fer	2,88
Nickel	1,57
Cuivre	0,01
Fer chromé	0,89
Fer sulfuré	5,55
Protoxyde de fer	26,20
Magnésie	22,59
Alumine	5,58
Chaux	0,66
Potasse (et soude)	0,30
Protoxyde de manganèse	0,05
Silice	34,24
Matière organique inconnue	non dosée
Cobalt, phosphore	traces
	98,50

Wœhler a montré que la matière organique qui vient d'être citée, et à laquelle on a donné quelquefois le nom de *kabaïte*, est un carbure d'hydrogène analogue à l'ozokérite ou à la schéerite. Elle a été retrouvée, comme on l'a vu plus haut, dans la pierre de Cold-Bokkeveldt.

Nogoga[2]. — C'est à M. le Dr Burmeister, directeur du Musée public de Buenos-

1. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften zu Wien*, t. XXXIII, p. 205 et XXXIV, page 7.
2. Voir une note de M. Daubrée dans les *Comptes rendus*. t. XCVI, p. 1764 (1883).

Ayres que notre Collection doit un échantillon de cette météorite. Sa cassure est lithoïde et d'un noir verdâtre qui rappelle celle de certains lignites. La roche très fendillée est fragile.

Même à l'œil nu, on voit dans la pâte de nombreux grains pierreux et anguleux de 0mm,5 à 1mm; les uns sont hyalins et de la nuance vert bouteille du péridot, d'autres sont blanchâtres. On y distingue en outre des grains beaucoup plus petits à éclat métallique et d'un jaune de laiton comme la pyrrhotine. En quelques points de petites taches rouges arrondies se détachent sur le fond noir. Elles ressemblent tout à fait à celles que déterminent l'exsudation du chlorure de fer dans plusieurs météorites et dans le fer natif d'Ovifak.

APPENDICE.

POUSSIÈRES, LIQUIDES ET GAZ D'ORIGINE MÉTÉORITIQUE

Poussières météoritiques. — On vient de voir que les substances météoritiques sont de consistances très diverses. Les unes, comme certains fers, sont malléables; d'autres sont très fragiles. Il y en a de fort dures, tandis que certaines autres sont tendres; enfin, pendant que les unes sont extrêmement tenaces, il en est qui sont faciles à désagréger.

Les météorites peuvent même nous arriver sous la forme incohérente; il en résulte ces pluies de poussières, précédées d'un bolide et d'explosions, dont les annales de la science ont enregistré de nombreux exemples.

D'après Natalis Comès, on observa en 1650, à Lillebonne, en Normandie, un météore igné qui fut suivi par la chute d'une pluie rouge. Un fait analogue se retrouve, au dire d'Arago[1], dans les manuscrits de Salomon, sénateur de Brème : Le 3 décembre 1586, il tomba dans le Hanovre, à Verde, beaucoup de matière rouge et noirâtre, en même temps qu'on observa dans le ciel l'apparition de phénomènes lumineux et qu'on entendit beaucoup de bruit. Nous pourrions multiplier ces récits, mais il est préférable de donner la relation positive de faits mieux observés.

Le navire américain *Josiah-Bates* naviguant, dans la nuit du 24 au 25 janvier 1859, dans les eaux de la mer des Indes, au sud de Java, reçut une pluie composée d'une très fine poussière qui s'y accumula en assez grande abondance. Le capitaine du *Josiah-Bates*, M. Callam, homme instruit et actif, se rendit exprès à Washington pour montrer au lieutenant Maury les objets qu'il avait recueillis en pleine mer. Celui-ci, se sentant incapable d'expliquer leur origine, les transmit à Ehrenberg.

Le savant micrographe reconnut que chaque grain de la poussière (fig. 86) consistait en une gouttelette solidifiée et creuse (fig. 87 et 88). L'analyse chimique n'y découvrit que du fer mélangé avec un peu d'oxyde ou plutôt d'oxydule.

1. *Astronomie populaire*, t. IV.

Beaucoup de jour est jeté sur les chutes de poussières par ce fait qu'elles accompagnent parfois les météorites proprement dites.



Fig. 86. — Poussière cosmique recueillie en 1859 dans la région située au sud de Java. Grandeur naturelle. D'après Ehrenberg.

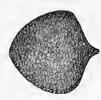


Fig. 87. — L'un des grains de la poussière cosmique de 1859 ; très fortement grossi. D'après Ehrenberg.



Fig. 88. — L'un des grains de la poussière cosmique de 1859 ; très fortement grossi. D'après Ehrenberg.

Le 14 mars 1813, il tomba à Cutro, en Calabre, des météorites accompagnées des phénomènes de lumière et de bruit, qui ne manquent jamais en semblables circonstances ; mais, chose remarquable, en même temps que ces pierres, il tomba une grande quantité de poussière. De plus, cette poudre ne tomba pas seulement à l'endroit où l'on recueillit des pierres ; elle couvrit la Calabre, la Toscane et le Frioul.

Nous ne pouvions mieux faire que de reproduire les observations de ce phénomène faites en Calabre, par le professeur Sementini, de Naples[1].

« Le vent qui, depuis deux jours, avait soufflé de l'est, se renforça le 14 mars 1813, et une nuée dense qu'on voyait sur la mer parut s'approcher du continent. Vers deux heures un quart après midi, le vent se calma un peu ; mais la nuée, qui avait

1. *Bibliothèque britannique*, t. LV, p. 356, 1814.

couvert toutes les montagnes, commença à obscurcir la lumière du jour et à prendre un aspect menaçant. Sa teinte n'était plus rougeâtre comme on l'avait vue de loin, mais véritablement couleur de feu, ou plutôt comme du fer rouge. A quatre heures et demie, les ténèbres furent complètes et on fut obligé d'allumer dans les maisons; le peuple effrayé courut en foule dans la cathédrale où il força le prêtre qui prêchait le carême et le vicaire capitulaire lui-même, à monter en chaire pour se mettre en prières. A peine le sous-préfet en eut-il connaissance qu'il se rendit à l'église pour essayer de calmer le peuple, mais réfléchissant au danger auquel il s'exposait en se mettant en opposition avec une impulsion populaire aussi prononcée, il se fit remplacer par quelques prêtres. La précaution fut inutile; vers cinq heures, les clameurs redoublèrent, et véritablement les personnes timides pouvaient alors être alarmées. Le ciel était rouge jaunâtre; la lumière du soleil presque totalement obscurcie; et le côté du nord offrait déjà d'épaisses ténèbres. Quoique la mer soit éloignée de six milles, ses mugissements profonds arrivaient jusque dans la ville; on entendait aussi des bruits sourds dans l'air, sillonné par les éclairs et secoué du tonnerre. Alors commencèrent à tomber de grosses gouttes d'eau chargées d'une poudre rougeâtre qu'on prit pour du sang, et que d'autres crurent être une pluie de feu. Dans cet état de choses, une circonstance extraordinaire mit le comble à la terreur. Le feu prit à la maison d'un particulier dans la ville, et le spectacle en devint bien plus imposant encore : alors la populace ne connut plus de frein; elle se crut à la fin du monde, l'incendie était à ses yeux le commencement de l'embrasement universel. Le peuple courait çà et là en poussant des cris et des hurlements lamentables. Les uns tendaient les bras aux prêtres en les suppliant de les confesser sur l'heure : ceux qui n'en avaient pas à leur portée se confessaient en public et à haute voix, d'autres se donnaient la discipline, d'autres se frappaient le visage et la poitrine et s'arrachaient les cheveux, en attribuant à leurs péchés le fléau qui allait punir la race entière. On demanda à grands cris de porter en procession les images des saints, ce qui fut accordé de suite comme le seul moyen de prévenir les désordres inévitables dans un rassemblement pareil, et le mal qui pouvait en résulter pour la fabrique et pour l'église. On sortit donc les statues, et le peuple se mit jusqu'au soir autour d'elles en faisant retentir l'air de ses prières et de ses cris. Vers la nuit, le ciel commença à s'éclaircir, les éclairs cessèrent ainsi que la pluie, et le peuple se rassura, surtout lorsque la cause de l'incendie fut connue et que ses progrès furent arrêtés. »

Ce récit déjà ancien fait certainement ressortir l'intérêt de l'observation bien plus récente de poussières accompagnant les météorites de Hessle, en Suède (1[er] janvier 1869). M. Nordenskjöld ayant promis une récompense aux paysans qui lui apporteraient les météorites, ceux-ci se plaignirent que beaucoup de pierres tombées sur la glace ou sur la neige étaient perdues parce qu'elles s'étaient réduites en poussière noire ou brune que l'on retrouvait çà et là sur la neige. « Je voulus, dit M. Nordenskjöld, me faire apporter aussitôt des preuves de la réalité de cette poussière; mais la chute de la neige peu après le phénomène ne permit pas d'abord d'en retrouver. Ce n'est que vers le printemps, après la fonte de la neige, que je réussis à en obtenir un peu d'un paysan; trop peu pour pouvoir

1. *Société des sciences de Gœttingue*, séance du 16 juillet, 1869.

en faire une analyse chimique complète, assez pour pouvoir prouver son origine météoritique et pour pouvoir en déduire sa composition chimique essentielle. »

La poudre a une couleur noire; contient des parcelles attirées par l'aimant; s'enflamme par la chaleur et brûle en laissant une cendre brun clair. Chauffée dans un tube, elle donne un peu d'un produit de distillation liquide et brun; desséchée à 110°, elle perd 4,3 pour 100 d'eau, et contient alors, d'après les analyses approximatives faites sur de petites quantités :

Carbone	51,6
Hydrogène	3,8
Oxygène	15,7
Silice	16,7
Protoxyde de fer	8,4
Magnésie	1,5
Chaux	0,8
Soude avec traces de lithium[1]	1,5
	100,0

Cette substance consiste donc dans le mélange d'un silicate de la formule :

(Mg, Ca, Fe, Na, Li) Si

et d'une matière organique

$C^8H^4O^2$.

« La découverte de la poudre carbonifère n'est due qu'à cette circonstance, dit M. Nordenskjöld, que la chute de météorites d'Arno-Hessle s'est faite sur la neige fraîchement tombée dont la surface blanche fit remarquer ce corps étranger. Il est donc probable pour moi que ces substances carbonifères accompagnent la plupart des météorites qui tombent et qu'elles concourent à l'apparition de la lumière, ordinairement liée à ce remarquable phénomène. »

Les météorites apportant de fines poussières dans l'atmosphère on doit penser que la neige et la grêle, en balayant l'océan aérien, doivent très efficacement amener sur le sol ces vestiges cosmiques.

Dès l'année 1875, M. de Baumhauer, dans un mémoire relatif à l'origine des aurores polaires[2], rappelait que le 21 juin 1821 il est tombé dans la province de Majo, en Espagne, des grêlons avec noyaux métalliques où Pictet a constaté la présence du fer au moyen du ferrocyanure de potassium. « Mais, ajoute-t-il, ce qui mérite surtout notre attention, c'est la chute à Padoue, le 26 août 1834, de grêlons avec des noyaux de couleur gris cendré. Ces noyaux, examinés par Cozari, consistaient en grains de diverses grosseurs, dont les plus gros étaient attirables à l'aimant et furent trouvés composés de fer et de nickel. L'identité de cette matière avec celle des aérolithes ne peut guère faire l'objet d'un doute. »

Au commencement de décembre 1871 il y eut à Stockholm une chute de neige

1. Le lithium a été décelé par M. Angstrom à l'aide de la méthode spectroscopique.
2. *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 678.

plus abondante qu'aucune dont le souvenir soit resté. M. Nordenskjöld[1] en fit fondre un mètre cube et recueillit un résidu noir et peu abondant. En distillant un peu de cette matière on obtint un produit liquide; après combustion la substance laissa une cendre rouge; l'aimant en retira quelques parcelles qui, écrasées dans un mortier d'agate, prirent l'éclat métallique et donnèrent par les réactifs les caractères du fer. Bien qu'on ait pu se demander si ces grains métalliques ne proviendraient pas des cheminées et des toitures en fer de la ville, en ce moment couverte d'une épaisse couche de neige, le fait parut assez remarquable pour faire désirer de semblables observations dans des points éloignés de toute habitation. A cette fin, de la neige fut recueillie le 13 mars 1872, par le Dr Karl Nordenskjöld, à Evoia, en Finlande, au nord d'Helsingfors, dans le centre d'une vaste forêt. Après fusion, cette neige laissa un résidu d'apparence de suie qui montra sous le microscope non seulement une substance charbonneuse noire, mais encore des granules d'un blanc jaunâtre qui, extraits par l'aimant, apparurent dans le mortier comme du fer malléable. Cependant la quantité de matière était trop faible pour permettre d'y rechercher le nickel et le cobalt ou, si l'on veut, pour en établir l'origine météoritique.

L'expédition arctique de 1872 offrit des conditions favorables pour recueillir de la neige dans une région aussi distante que possible de toute habitation humaine. Le 8 août, la neige étendue sur la glace par 80° lat. N. et 15° long. E. était recouverte d'une épaisse couche de petites particules noires qui pénétraient d'ailleurs çà et là dans la neige à plusieurs centimètres de profondeur. Les grains magnétiques y étaient fort abondants et on reconnut leur faculté de précipiter le cuivre de ses dissolutions. De même le 2 septembre, par 80° lat. N. et 15° long. E., le champ de glace était recouvert d'un lit de neige fraîchement tombé, épais de 50 centimètres; au-dessous était une couche plus compacte de 8 millimètres et au-dessous 30 millimètres de glace transformée en une substance granulaire. Cette dernière était remplie de granules magnétiques noirs devenant gris par la dessiccation; il y en avait de 0mm,1 à 1 milligramme par mètre cube de neige.

« La quantité de substance dont j'ai pu disposer, dit M. Nordenskjöld[2] était trop minime pour qu'il pût être question d'une analyse quantitative; mais en dissolvant cette poussière dans l'eau régale, séparant le fer par l'ammoniaque en excès, précipitant les autres métaux par le sulfhydrate d'ammoniaque; puis traitant le précipité au chalumeau avec du borax, j'ai pu constater la *présence du nickel et du cobalt.* Quant au fer hydraté, précipité par l'ammoniaque, après avoir été de nouveau dissous par l'acide nitrique et précipité à l'aide du molybdate d'ammoniaque, il donne la réaction du phosphore.

« J'ai encore examiné la grêle tombée à Stockholm l'automne dernier, et j'y ai trouvé de petits grains noirs qui, triturés entre deux mortiers d'agate, donnaient des lames de fer métallique. Malheureusement cette grêle était tombée dans une ville où toutes les maisons sont couvertes de toits en fer, et je ne mentionne ce fait que pour engager d'autres observateurs à renouveler ces observations dans des conditions plus favorables. Je suis personnellement convaincu que la grêle s'était

1. *Redogörelse for en Expedition till Gronland ar*, page 23.
2. *Comptes rendus*, t. LXXVIII. p. 236.

condensée autour de grains minimes d'une origine cosmique flottant dans l'air et que ce fer était de la même origine que le fer trouvé dans la neige par moi, à Stockholm, et par mon frère en Finlande; mais il y a toujours une grande différence entre une conviction personnelle et une conviction scientifique; je regarde cependant comme prouvée par toutes ces observations l'existence d'une poussière cosmique tombant imperceptiblement et continuellement, fait d'une importance immense non seulement pour la physique du globe, mais encore pour la géologie et les questions pratiques, par exemple pour l'agriculture, en raison du phosphore. »

La poussière de la glace polaire au nord du Spitzberg offre une ressemblance intime avec le *cryoconite*, dont nous parlerons plus loin.

On a plusieurs fois constaté au Canada des chutes de poussières, accompagnées de circonstances analogues à celles que nous venons de décrire. C'est, par exemple, ce qu'on a observé les 3 et 4 juillet 1814[1], ainsi qu'en novembre 1819[2].

Les poussières tombées dans ces deux circonstances étaient semblables et caractérisées par leur couleur noire. La pluie de 1819 est la mieux étudiée, et il est probable, d'après la description qu'on en a donnée, que sa composition était fort voisine de celle des météorites charbonneuses.

Pour qui a un peu étudié ces dernières et les a maniées, l'explication des pluies de poussières s'impose d'elle-même. Si, par exemple, le 14 mai 1864 au lieu de faire, dans Tarn-et-Garonne, un temps beau et sec, l'atmosphère eût été saturée d'humidité, ou eût contenu des nuages suffisamment épais, il est clair que les météorites, au lieu de tomber sous la forme de pierres, se fussent désagrégées pendant leur trajet, comme elles le font quand on les met dans l'eau, et fussent tombées à l'état de poussière. C'est, à n'en pas douter, ce qui eut lieu lors de la pluie de 1819.

Le phénomène fut surtout sensible à Montréal : le ciel s'obscurcit de plus en plus jusqu'à ce que les ténèbres fussent complètes. On entendit dans les airs des détonations formidables, accompagnées de lueurs intenses que l'on prit pour des éclairs. L'opinion générale fut qu'un orage, remarquable par sa violence, coïncidait avec l'incendie d'une forêt voisine qui donnait naissance à la suie qui tombait. Ce n'est que plus tard, en discutant les circonstances du phénomène, que l'on arriva à reconnaître sa nature météoritique.

On peut sans doute expliquer les pluies de poussières non charbonneuses par l'arrivée de météorites minérales friables. Peut-être aussi certaines météorites existent-elles originairement à l'état incohérent. C'est la conclusion qu'il faudrait admettre, si l'on regardait comme météoritiques certaines poussières formées de fer magnétique analogues à celle qui tomba, dit-on, à Lœbeau, en Saxe, le 13 janvier 1835, et dont le Muséum possède un échantillon.

M. Yung[3] a entrepris pendant les hivers de 1874-1875 et 1875-1876 des analyses de résidus de neige, afin d'y déceler la présence du fer.

Il a recueilli la neige à plusieurs reprises, en diverses altitudes qui sont : Mon-

1. *Philosophical Magazine*, t. XLIV.
2. *Annales de Chimie*, t. XV.
3. *Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 242.

treux au bord du lac Léman (375 mètres), la station des Avants au-dessus de Montreux (979 mètres) et l'hospice du Saint-Bernard (2491 mètres), et toujours dans les mêmes conditions. M. Yung a examiné les résidus de ces neiges au microscope et les a comparés aux poussières recueillies dans les clochers de plusieurs cathédrales (Paris, Varsovie, Samara sur le Volga, Genève, Lausanne, etc.), et il est arrivé à ces conclusions :

1° Le fer existe dans toutes les poussières accumulées depuis des siècles dans les clochers d'église. Il y possède une forme globulaire caractéristique indiquant qu'il a été porté à une haute température.

2° Ce fer flottant dans l'atmosphère est entraîné par la neige dans sa chute ; on l'y a retrouvé dans tous les cas, par les procédés chimiques.

3° On n'a pas rencontré dans les résidus de neige, le fer avec la forme globulaire, mais toujours en fragments irréguliers.

4° Le fer est toujours en plus forte proportion dans les neiges des régions inférieures que dans les neiges recueillies à de plus grandes altitudes.

De son côté, en étudiant au microscope les poussières de l'air et les sédiments fournis par la neige des Alpes et par les eaux pluviales recueillies dans plusieurs localités, et notamment à l'observatoire météorologique de M. Hervé-Mangon, à Sainte-Marie du Mont (Manche), M. G. Tissandier y a reconnu des sphérules remarquables par la régularité de leur forme[1].

Ces sphérules, constituées par de l'oxydule de fer, sont identiques à celles que produit le fer métallique en brûlant dans l'air, et l'analogie conduit à penser que, chaque fois qu'un fer météorique pénètre dans notre atmosphère, il doit en produire un grand nombre. En observant au microscope la croûte des météorites, on y distingue d'ailleurs des grains arrondis qui ne sont pas sans quelque ressemblance avec les précédents. En outre, les particules magnétiques retirées des sédiments atmosphériques ont donné à l'analyse des indices révélant la présence du nickel, et de nature, par conséquent, à les faire regarder comme météoritiques.

Toutefois, si ces faits conduisent à faire supposer une origine cosmique aux grains qui nous occupent, d'autres considérations invitent à rechercher s'ils ne dériveraient pas des masses de fer métallique qui brûlent autour de nous, par exemple en subissant les opérations métallurgiques, ainsi qu'en témoigne la richesse en sphérules de l'oxyde des battitures, et même en étincelant sous le choc du briquet[2].

Il nous paraît difficile d'attribuer à des sources terrestres l'immense quantité de sphérules que présentent les poussières ramassées dans les lieux les plus distants et dans les situations les plus diverses. C'est ainsi que l'étude des sables rapportés par la drague du fond des océans nous en a procuré des exemples nouveaux.

M. le commandant Mouchez a adressé au Muséum une nombreuse série de fonds de mer, qui ont été collectionnés sur les côtes de Tunisie et d'Algérie. Leur étude nous a fourni beaucoup de sphérules magnétiques. Nous citerons, en particulier, un sable quartzeux et calcaire, pris par 14 mètres de profondeur au

1. *Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 76.
2. Brard, *Minéralogie appliquée aux arts*, t. III, p. 143, 1821.

mouillage de Beni-Saf, à 700 mètres de la côte ; il renferme des globules dont le diamètre est d'environ $0^{mm},028$. Un sédiment à la fois quartzeux et argileux, qui se trouve à 11 mètres de profondeur, 2 milles au nord-est de Carthage, est encore bien plus riche, et les globules qu'il contient, parfois gros de $0^{mm},042$, ont offert à diverses reprises le petit goulot caractéristique des sphérules du briquet. Il en existe d'analogues et de plus gros encore dans le sable qui constitue le fond de la mer, à 7 mètres de profondeur, devant la Goulette ; dans l'argile ramenée de 270 mètres dans le golfe de Philippeville et dans plusieurs autres échantillons.

Dans une région bien différente, puisqu'il s'agit maintenant de l'autre hémisphère, M. l'amiral Serres a recueilli des sédiments marins qu'il a également donnés au Muséum. Les globules n'y font pas défaut ; on les trouve même avec une abondance extrême dans le sable qui fait le fond de la baie de Possession ; ils y atteignent $0^{mm},056$ de diamètre.

Les faits qu'il nous reste à faire connaître sont bien plus décisifs encore. Il s'agit de la présence de sphérules magnétiques au sein même de sédiments dont la date de formation est bien antérieure à l'apparition de l'homme sur la terre.

Au début de ces recherches, nous avons été frappés, M. G. Tissandier et moi[1], de l'abondance de belles sphérules (fig. 86) dans le sable extrait du puits artésien de Passy, à 569 mètres au-dessous de la surface du sol, sable qui appartient au gault. Leurs dimensions varient de $0^{mm},007$ à $0^{mm},020$. Ce sable ayant été exposé à l'air,

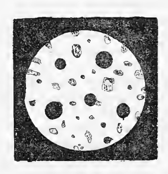


Fig. 89. — Sphérules métalliques contenues dans le sable albien qui fournit l'eau jaillissante aux puits artésiens de Grenelle et de Passy ; grossies 225 fois.

on pouvait penser que les globules y étaient tombés récemment. En répétant les observations avec des mottes de sable du puits de Grenelle, mottes non défaites depuis leur dépôt, comme en témoigne la succession des couches planes qui le composent, nous avons retrouvé le même résultat. L'argile qui recouvre, à Grenelle, la couche aquifère renferme aussi des globules dans l'intérieur de la masse.

Allant plus loin, nous avons examiné des roches dures dont on ne peut supposer le remaniement et dont nous avons fait disparaître toutes les surfaces

1. *Comptes rendus*, séance du 18 février 1878.

exposées à l'air. Le *noyau* ainsi isolé a été enveloppé, puis broyé, sans choc, par écrasement dans un étau, et la poudre a été soumise au triage à l'aimant. Pour répondre à l'objection qui consisterait à dire que les globules peuvent tomber de l'air dans les préparations, au cours des manipulations (ce qui serait s'exagérer beaucoup leur nombre dans l'atmosphère), nous avons traité exactement de la même manière des roches cristallines, et spécialement un gneiss du Simplon (8. R. 173)[1], un micaschiste du Saint-Gothard (11. B. 14), une serpentine verte du Val d'Aoste (8. R. 197), etc., et nous n'avons jamais rien observé qui ressemblât, même de très loin, aux globules proprement dits. Le même résultat négatif a été donné par l'examen d'une magnétite friable de Norvège.

Traité par la méthode qui vient d'être décrite, un grès infra-liasique de Saint-Julien-lès-Metz (9. Z. 186) a présenté, au contraire, une sphérule presque parfaite de $0^{mm},014$. Un psammite micacé du trias d'Esslingerberg, en Wurtemberg (4. D. 79), en a fourni un de même dimension. Le grès ferrugineux permien de Salzbach, en Brisgau (O. 110. *a*), est infiniment plus riche. Une préparation que nous conservons au Muséum contient au moins quatre globules dont le diamètre varie de $0^{mm},014$ à $0^{mm},042$. L'une de ces sphérules, grosse de $0^{mm},028$, est parfaite et identique à celles de la période actuelle. La richesse de cette roche nous a engagé à l'étudier avec un soin spécial; plusieurs préparations nous ont donné les mêmes résultats.

Continuant à remonter la série des âges, nous avons examiné les sédiments carbonifères. Un pséphite, extrait d'un puits de mine de Saint-Avoldt, nous a donné un globule parfait de $0^{mm},01$. Plus ancien encore, un grès dévonien des environs de Villedieu (Manche) (2. A. 52) a offert plusieurs globules irréprochables, entre autres celui que présente une préparation conservée, et qui a $0^{mm},01$.

En résumé, les faits qui viennent d'être rapidement exposés montrent que les sédiments actuels de la mer, comme ceux des océans géologiques, renferment des globules semblables aux sphérules que l'atmosphère laisse constamment tomber à la surface de la terre. Nous n'avons jusqu'ici aucun moyen de les distinguer les uns des autres, puisqu'ils sont également noirs, sphériques et attirables, et nous sommes dès lors autorisé à les identifier entre eux. Si l'on admet cette conclusion, il faut reconnaître que les couches du globe renferment des matériaux d'origine cosmique dont la chute remonte à un passé des plus reculés. On comprendra l'importance qu'il y aurait à préciser, si faire se peut, l'époque où la Terre a reçu, pour la première fois, cette contribution de l'espace.

D'après les études de M. Tissandier[2], les corpuscules aériens attirables à l'aimant ne se présentent pas toujours en sphérules à surface lisse. Ils affectent souvent d'autres formes. Tantôt ces corpuscules sont amorphes : ce sont des fragments très noirs; tantôt ils sont constitués par une réunion de granulations extrêmement petites, groupées en amas compacts : cette forme est très rare ; quelquefois ils atteignent des dimensions plus considérables, et dans ce cas leur surface est rugueuse ou mamelonnée. Quelques fragments ferrugineux magnétiques atteignaient une longueur de $\frac{1}{50^e}$ de millimètre.

1. Ces signes et les suivants correspondent aux catalogues des collections du Muséum.
2. *Comptes rendus*, t. LXXXIII, p. 72.

A l'aide d'une lame d'acier, l'auteur a gratté la surface d'une masse du fer météoritique tombée le 14 juillet 1847, à Braunau-Hauptmansdorf (Bohême). Cette surface, formée d'une croûte noire adhérente au métal, se divisait facilement et, parmi les fragments pulvérulents détachés, se sont trouvées quelques parcelles globulaires et mamelonnées très apparentes sous un grossissement de 100 diamètres. Plusieurs fragments semblables ont été rencontrés en grattant la surface d'autres échantillons, parmi lesquels la météorite tombée le 11 juillet 1868 à Ornans (Doubs). La surface noire extérieure, très peu adhérente au silicate formant la masse intérieure, est mamelonnée, et on y a observé par place des sphérules qu'on dirait incrustées.

Il faut ajouter d'ailleurs que si, parmi les poussières ferrugineuses atmosphériques, il en est dont l'origine est extra-terrestre, il en existe aussi d'autres qui sont soulevées par les vents à la surface de la terre, ou emportées dans l'air par la fumée des usines. Le fer affecte la forme globulaire quand il jaillit en étincelles ou qu'il brûle dans une flamme : l'oxyde des battitures, formé au rouge, donne naissance à des sphérules magnétiques. Lors de l'inondation de la Seine (1878), un sable apporté à Choisy-le-Roi par des eaux qui avaient sans doute balayé le voisinage de quelque usine, contenait une grande quantité de globules sphériques d'oxyde de fer magnétique, mais qui ne renfermaient pas de nickel. Mais cette source terrestre de poussières ferrugineuses n'explique en aucune façon l'abondance extraordinaire de parcelles de fer qui flottent dans l'atmosphère, dans la neige des régions polaires, dans celle des Alpes, dans les eaux météoriques recueillies au milieu des campagnes; elle est étrangère à l'existence dans l'air de ces innombrables corpuscules nickélifères, dont il faut chercher l'origine dans la poussière qui se détache en pluie de feu de la surface incandescente des météorites.

Enfin, pour un certain nombre de poussières, la question de leur origine est encore fort douteuse. C'est ainsi que le lieutenant Nordquist, qui faisait partie de l'expédition de la *Vega*, recueillit en 1880, sur la glace de la côte de Taimur [1], des écailles jaunes qui furent examinées par le Dr Kjellman. M. Nordenskjöld avait supposé d'abord qu'il s'agissait simplement de diatomées, mais on y reconnut au contraire les grains d'un sable cristallisé. La quantité de cristaux provenant de 3 litres de neige prélevés à la surface de la neige sur une étendue de 10 mètres carrés s'éleva à 2 décigrammes environ. On n'en voyait qu'à la surface, aucun ne fut rencontré plus bas. Ils avaient plus de 1 millimètre de diamètre et semblent appartenir au système rhombique ; ils possèdent un clivage parfait, et se présentent en prismes striés terminés à chaque extrémité par une pyramide tronquée. Malheureusement leur mesure n'est plus possible, l'effet de l'air sur eux ayant été au bout de quelque temps de les réduire en une poudre blanche non cristallisée. Ils restèrent toute une nuit dans l'eau de fusion de la neige sans s'y dissoudre. Soumis à la chaleur, ils tombèrent bientôt en poussière et celle-ci, analysée lors du retour, c'est-à-dire 21 mois après la découverte, ne fournit que du carbonate de chaux.

La composition première de cette substance parut à M. Nordenskjöld extrêmement énigmatique. Il se demande si les cristaux n'auraient pas pu être originelle-

1. *Voyage de la Véga*, t. I, p. 327 à 331.

ment un nouveau carbonate hydraté de chaux formé par cristallisation de l'eau de mer sous l'influence du froid intense de 10 ou 20 degrés au-dessous de zéro. Mais dans ce cas on devrait les rencontrer non point sur la neige mais dans l'épaisseur de la glace.

Malgré leur nature qui n'offre aucune analogie avec les matériaux météoritiques, l'auteur émet l'opinion qu'ils ont dû tomber des espaces interplanétaires.

Bien que cette conclusion doive nécessairement être considérée comme très hasardée, nous y joindrons la traduction des lignes suivantes, dont M. Nordenskjöld les accompagne : « Il peut paraître indigne de la science de se préoccuper d'une affaire aussi peu importante que la chute d'une petite quantité de poussière ; mais ce n'est pas le cas. Car il est reconnu que la quantité de poussière répandue sur la glace du Spitzberg est de 0mm,1 à 1 milligramme par mètre carré et probablement la chute totale annuelle de poussière dépasse cette dernière quantité. Mais 1 milligramme sur chaque mètre carré donne pour la surface totale de la Terre la somme 500 millions de kilogrammes (un demi-million de tonnes). Une pareille masse recueillie après une année, pendant les âges géologiques dont la durée dépasse notre compréhension, forme un facteur trop important pour être négligé dans l'énumération des faits fondamentaux de l'histoire géologique de notre planète. La suite des recherches montrera peut-être que notre terre s'est accrue graduellement depuis un faible commencement jusqu'à la dimension qu'elle possède actuellement; qu'une portion considérablement des éléments constituants de nos couches stratifées, spécialement de ceux qui ont été déposés dans la pleine mer, loin des côtes, sont d'origine cosmique. On verra aussi une lumière inespérée éclairer la cause de l'activité volcanique et la ressemblance qui existe si évidemment entre les roches plutoniques et les pierres météoriques. »

On nous permettra de laisser à l'illustre auteur la responsabilité entière de cette opinion.

Boues météoriques. — Il paraît bien démontré qu'il tombe aussi quelquefois, à la suite de l'explosion des bolides, des matières pâteuses ou visqueuses, ou plus généralement des *boues*.

Spangenberg raconte que le 6 novembre 1548, à Mansfield, en Thuringe, on vit arriver dans l'air un gros globe de feu qui, après son explosion, laissa tomber sur le sol une substance rougeâtre ayant les caractères du sang coagulé. Il tomba en Styrie, en août 1618, en même temps que des pierres, une matière que de Hammer compare aussi à du sang coagulé. On trouve dans les *Miscellanea Academ. Naturæ curiosorum* pour 1690, qu'en mai 1652 on ramassa entre Sienne et Rome, à la suite d'un météore lumineux, une masse visqueuse. Un bolide ayant éclaté dans l'île de Lithy, aux Indes, le 24 mars 1718, on trouva, d'après Barchewitz, une matière gélatineuse qui en était tombée. On trouva en Lusace, le 8 mars 1796, après la chute d'un globe de feu, une matière visqueuse ayant la consistance, la couleur et l'odeur d'un vernis bleuâtre desséché[1]. En juillet 1811, il tomba à Heidelberg une substance gélatineuse à la suite de l'explosion d'un bolide[2]. Citons enfin la chute d'une masse gélatineuse et puante qui tomba à

1. *Gilbert's Annalen*, L. VI.
2. *Id.*, t. LXVI.

Amherst, dans le Massachusetts, à la suite d'un météore lumineux, le 13 août 1819[1]. Les météorites charbonneuses paraissent aussi donner jusqu'à un certain point l'explication des météorites pâteuses. Une fois mouillées par une proportion d'eau trop faible pour les désagréger, elles acquièrent une plasticité remarquable qu'elles pourraient évidemment contracter avant leur chute dans l'atmosphère dans des conditions favorables.

Liquides météoritiques. — On n'a pas jusqu'ici constaté d'une manière positive la chute des liquides suivant l'explosion d'un bolide; il n'en faudrait pourtant pas conclure qu'il n'existe pas de liquides météoriques. Tout porte à admettre, au contraire, la réalité de ces substances.

On conçoit que leur arrivée ne peut être que très difficilement constatée, car, à moins qu'elles ne soient en quantité énorme, elles se divisent en tombant et s'évaporent de façon à échapper à nos sens.

Toutefois, on peut voir dans diverses circonstances de véritables liquides météoritiques, et nous avons déjà indiqué plusieurs météorites renfermant de l'eau.

Gaz météoritiques. — Les mêmes considérations permettent d'affirmer qu'il nous arrive de temps à autre des gaz météoritiques, et c'est un point sur lequel on a précédemment insisté.

On a vu comment un savant géologue anglais, M. Sorby[2], a décelé des gaz dans les météorites pierreuses elles-mêmes. Ainsi le péridot des météorites d'Ausson (Montréjeau) et de Parnallee contient de petites cavités pleines de gaz.

Pour les observer distinctement, il faut préparer une lame très mince de la météorite à l'étude, et l'observer à un grossissement de plusieurs centaines de diamètres.

Météorites gazeuses. — A moins d'admettre que les étoiles filantes ne sont que des *riens* visibles, suivant une définition attribuée aux comètes par un de nos plus spirituels savants, il paraît nécessaire d'y voir les grosses bulles gazeuses en combustion.

De même, les bolides quelquefois fort brillants, dont l'explosion n'est suivie d'aucune chute de matière solide, pourraient être considérés comme gazeux.

1. *Silliman's American*, t. II, p. 365.
2. *Proceedings of the Royal Society of London*, séance du 16 juin 1864.

V

POINT DE VUE SYNTHÉTIQUE.

La reproduction synthétique des minéraux et des roches météoritiques a occupé divers expérimentateurs. Les résultats qu'ils ont obtenus, parfois fort différents de ceux qu'ils se proposaient, sont fort importants et nous allons les passer rapidemen en revue.

REPRODUCTION DES MINÉRAUX MÉTÉORITIQUES.

SYNTHÈSE DE LA SCHREIBERSITE.

« On a noté dans les météorites, dit M. Faye[1], le fer nickélifère, du carbone et même un hydrocarbure d'origine forcément inorganique (Wöhler), et un phosphure métallique tout particulier. Le premier conduit simplement à penser que ces corps proviennent d'un milieu dépourvu d'oxygène libre ou faiblement combiné, et cela répond bien à l'idée que nous nous faisons, en astronomie, du vide de l'espace céleste, où n'existent ni l'air, ni la vapeur d'eau terrestres, et où les substances aisément oxydables, comme le fer et le nickel, doivent se conserver indéfiniment, tandis que sur terre elles ne tarderaient pas à être attaquées et détruites. Le deuxième nous embarrasserait si l'on ne savait, par les expériences de M. Berthelot, que l'hydrogène peut se combiner au carbone sans l'intermédiaire de la vie organique. Quant au troisième, il n'a pas encore été étudié au point de vue de sa formation passablement énigmatique : je veux parler de la schreibersite, dont la composition atomique est celle d'un phosphure double, parfaitement défini, de fer et de nickel ; on le retrouve constamment, en paillettes ou en grains, dans les aérolithes pierreux et même dans les fers météoriques, dont la masse, une fois dépouillée mécaniquement de ce minéral, ne présente plus aucune trace de phosphure. Il y a là quelque chose de si différent du règne terrestre, et ce minéral est tellement spécial aux météorites, qu'il y aurait un véritable intérêt à en tenter la reproduction. La schreibersite se présente à l'état de paillettes ou de petits fragments jaunes, d'un éclat métallique semblable à la pyrite magnétique, avec laquelle on a dû souvent

1. *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 803.

la confondre. Elle n'offre pas de trace de cristallisation; l'aimant l'attire fortement et lui communique une polarité durable; enfin, elle est inattaquable par l'acide chlorhydrique. D'après un savant chimiste des États-Unis, M. le professeur Lawrence Smith, qui a beaucoup insisté sur le rôle important et caractéristique de ce minéral exclusivement cosmique, sa formule atomique serait Ni^2Fe^4Ph. C'est à la schreibersite seule qu'il faut attribuer le phosphore des météorites. Notre savant confrère, M. H. Deville, à qui j'ai fait part de mon désir de tenter la reproduction de ce minéral, a bien voulu mettre son laboratoire à ma disposition et m'aider de ses conseils. L'opération consistait à réduire par le charbon une quantité déterminée d'oxyde de nickel et de sesquioxyde de fer intimement mêlée avec un phosphate à base de soude et de la silice. Voici les quantités adoptées conformément à la formule ci-dessus :

	Grammes
Sesquioxyde de fer	8
Oxyde de nickel	3,7
Pyrophosphate de soude	10,1
Silice	6
Charbon	2

Ce mélange, placé dans un creuset de charbon protégé par un creuset de terre, a été porté et maintenu quelque temps à la chaleur blanche. On a obtenu un verre noir contenant un culot métallique, plus une croûte très distincte, placée entre le verre et le culot, un peu adhérente au premier, mais nullement au second. Le culot paraît être un alliage ou un mélange intime de fer et de nickel, souillé superficiellement par un peu de sulfure dont le soufre vient probablement de l'oxyde de fer dont je me suis servi. Attaqué vivement par l'acide chlorhydrique, le culot dégage, en effet, d'abord un peu d'hydrogène sulfuré, puis de l'hydrogène pur. Mais la zone intermédiaire entre le fondant et le culot, où se serait concentrée pendant la fusion la partie du phosphure non volatilisée tout d'abord, est formée de paillettes jaunes, d'un éclat métallique très vif, fortement attirables à l'aimant et complètement inattaquables à froid ou à chaud par l'acide chlorhydrique. Cette substance possède donc les caractères de la schreibersite. »

SYNTHÈSE DE LA PYRRHOTINE.

On a hésité longtemps, comme on l'a vu, avant d'être fixé sur la nature du sulfure métallique (troïlite) qui se présente dans un très grand nombre de météorites. A la suite de M. Lawrence Smith, la plupart des chimistes pensaient que cette substance consiste en protosulfure de fer. Des analyses directes et des expériences sur l'action réductrice exercée par les sulfures sur les dissolutions métalliques m'ont prouvé, il y a plus de dix ans, que la troïlite a en réalité la même composition que la pyrrhotine nickélifère terrestre[1].

Le fer de Sainte-Catherine, en fournissant de la troïlite en quantité inconnue

1. Stanislas Meunier : *Cosmos*, livraison du 18 janvier 1868 et *Comptes rendus* du 16 mars 1874.

jusque là, est venu lever tous les doutes et donner raison complète aux résultats que j'avais publiés[1].

Or, c'est par l'étude de ce même fer que j'ai été conduit à réaliser la reproduction synthétique de la pyrrhotine météorique. Une coupe polie au travers de la masse brésilienne fait voir qu'elle consiste en une brèche métallique cimentée après coup par le sulfure. Il est même légitime de supposer que le sulfure a été produit par un agent convenable aux dépens du fer lui-même, dont l'état corrodé est manifeste à première vue.

L'agent de corrosion qui paraît le plus propre à produire ce résultat est l'hydrogène sulfuré à haute température : de petits fragments de fer pur ou allié de nickel ont été placés dans une cornue de terre et soumis pendant plusieurs heures à l'action simultanée de la température rouge et d'un courant contenu d'hydrogène sulfuré. Après refroidissement, les fragments métalliques étaient incrustés de pyrrhotine et plusieurs d'entre eux étaient même cimentés ensemble par cette substance La pyrrhotine ainsi produite a toutes les propriétés physiques et chimiques du composé naturel.

Des observations et des expériences plus récentes, assignent une origine également épigène à la pyrrothine contenue en petits grains dans certaines sporadosidères et tout spécialement dans celle de Knyahinya. On s'assure, en effet, que ces grains de pyrrhotine résultent d'une altération par l'hydrogène sulfuré de granules originairement constitués par des fers nickelés : outre que la forme et la saturation sont les mêmes, je regarde comme parfaitement probant le fait présenté par divers échantillons de Knyahinya de contenir des granules dont une moitié est transformée en pyrrothine, tandis que l'autre moitié est restée à l'état de fer nickelé.

On s'en aperçoit facilement à l'œil nu et le *cuivrage* rend le fait encore plus évident. Ces granules rappellent les pépites cuivre et argent du lac Supérieur, et peuvent être imités en chauffant des sporadosidères dans un courant d'hydrogène sulfuré.

SYNTHÈSE DES FERS NICKELÉS.

En fondant ensemble le fer et le nickel dans les diverses proportions où ils sont combinés dans les alliages précédemment décrits : tænite, kamacite, plessite, etc., on obtient des masses dont la composition élémentaire est celle de ces alliages. Cependant on reconnaît qu'en général la reproduction n'a pas réellement été opérée ; les acides faibles révèlent la nature complexe du produit dont les divers éléments sont très inégalement solubles.

Dans le cours d'expériences qui sont décrites un peu plus loin, j'ai obtenu, au contraire, des résultats absolument conformes aux minéraux à produire.

Les manipulations auxquelles les fers météoriques ont été soumis par divers expérimentateurs n'ont pas tardé à montrer que ces roches cosmiques sont profondément désorganisées par le fait d'une fusion pure et simple, quelle que soit la lenteur du refroidissement subséquent. Cette opération y fait naître la structure

1. Voir le Mémoire de M. Daubrée, *Comptes rendus*, t. LXXXXIV, p. 482 (1877).

confuse caractéristique des masses qui ayant été, comme la syssidère de Deesa, injectées par fusion au travers de roches superposées, ont reçu la qualification générique de météorites éruptives.

Il était donc nécessaire de rechercher une méthode propre à fournir, autrement que par fusion, des alliages de fer et de nickel semblables à ceux des météorites. Comme on voit, c'est exactement l'obligation où l'on se trouve lorsqu'on veut imiter les minéraux renfermés dans les filons métallifères, et j'aurai à diverses reprises l'occasion de signaler un véritable caractère filonien chez des météorites de types très variés.

En conséquence, il m'a paru que pour résoudre le problème qui nous occupe, il fallait s'inspirer de la méthode qui a si efficacement servi à dévoiler les conditions de formation de certains filons terrestres et en première ligne des filons stannifères. En d'autres termes, il fallait rechercher, parmi les agents volatils capables de donner lieu à des concrétions métalliques, ceux dont les caractères intimes des masses à reproduire peuvent trahir l'ancienne activité. On sait en effet que, dans ses études sur les amas de minerai d'étain, M. Daubrée [1] a conclu de la présence constante de composés fluorés, tourmaline, topaze, mica, à l'intervention primitive du fluor comme moteur de l'étain lui-même; et je n'ai pas à rappeler comment il a su tirer de l'expérimentation synthétique la confirmation de ces vues.

Or, cela étant posé, on reconnaît parmi les nombreuses substances signalées par l'analyse dans la composition des fers météoriques, des corps auxquels il est naturel d'attribuer un rôle minéralisateur et qui apparaissent comme de simples résidus affirmant l'existence passée d'agents qui ont à peu près disparu.

Je fais allusion à l'hydrogène et au protochlorure de fer.

L'hydrogène existe, comme on sait, à l'état d'*occlusion* dans la plupart des fers météoriques. C'est Graham qui, dans le fer de Leuarto, l'a décelé pour la première fois [2], et la découverte du savant anglais a été confirmée depuis par un grand nombre de chimistes et pour un très grand nombre de fers différents.

Le protochlorure de fer a été signalé sous la forme cristalline au milieu même de deux masses de fer par Lawrence Smith [3], et il est très ordinaire de trouver le chlore dans le métal cosmique.

D'après ce que nous savons à l'égard de l'occlusion, on est autorisé à penser que l'hydrogène représente un témoin de l'atmosphère même au sein de laquelle le fer s'est constitué. D'un autre côté, le protochlorure de fer étant décomposé au rouge par l'hydrogène, on peut admettre que ce qu'on en trouve a simplement échappé à la décomposition et représente la combinaison même d'où le fer a été tiré pour prendre l'état métallique. Il importe à ce point de vue de bien remarquer que le chlorure ferreux n'a pu être introduit dans les météorites postérieurement à leur formation : outre qu'il ne saurait exister sur la terre, où des actions oxydantes le détruiraient immédiatement, le gisement des cristaux découverts par M Smith ne laisse aucunement douter de leur contemporanéité avec la consolidation du métal lui-même.

1. *Annales de Mines*, 3e série, t. XX, p. 65 (1841).
2. *Proceedings of the Royal Society*, t. XV, p. 520.
3. *Mineralogy and Chemistry*, p. 273.
4. *Comptes rendus*, t. XIX, p. 640 (1844).

Ces remarques font envisager l'origine des fers météoriques sous un jour tout nouveau, qui ne doit cependant pas faire oublier que certains d'entre eux, tels que la brèche de Deesa, citée plus haut, ont manifestement passé par l'état de fusion.

Depuis les travaux de M. Péligot[4], la réduction du protochlorure de fer ou du chlorure de nickel au rouge par l'hydrogène n'a rien de nouveau et l'expérience est devenue classique ; mais on ne savait pas si le mélange des deux chlorures fournirait des alliages. S'il en devait être ainsi, on ignorait si ces alliages auraient de l'analogie avec les fers nickelés météoritiques.

Or, à ce double point de vue, le succès de mes expériences a été complet, et je tiens à exprimer ici à M. Fremy ma vive reconnaissance pour les précieux conseils que je lui dois.

J'ai d'abord reconnu que le mélange des chlorures de fer et de nickel donne par réduction dans l'hydrogène des alliages parfaitement définis et parfois même admirablement cristallisés. Je n'ai pas fait l'analyse de toutes les combinaisons que l'on peut ainsi obtenir, mais je signalerai l'aspect très différent sous lequel se présentent des alliages très voisins, les uns, de la tænite météoritique, les autres, de la kamacite.

Pour obtenir ces alliages, il suffit d'opérer sur des proportions convenables de deux chlorures élémentaires.

La tænite artificielle (Fe^6Ni) produite dans une cornue de porcelaine de 250 grammes s'est développée en cristaux aciculaires de 4 à 5 centimètres de long sur 1 millimètre de grosseur (fig. 90). Ce sont évidemment des cubes déformés, et l'on observe

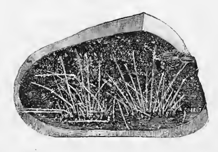


Fig. 90. — Tænite artificielle, obtenue par la réduction d'un mélange de chlorure de fer et de chlorure de nickel sous l'influence de l'hydrogène au rouge. Grandeur naturelle.

à leur sommet des troncatures qui devront être examinées de plus près. Cette forme de la tænite se rapproche de celle qu'elle affecte dans la masse même des fers météoriques où la décèle l'expérience de Widmannstætten.

La kamacite artificielle ($Fe^{14}Ni$) est au contraire finement grenue et dès maintenant on peut reconnaître que chaque alliage offre, dans les mêmes conditions de formation, un grain particulier. Les uns sont en petits mamelons hémisphériques hérissés de cristaux ; d'autres en lamelles triangulaires régulièrement groupées d'autres en fines aiguilles disposées en dendrites ou feuilles de fougère ; d'autres, très riches en nickel, en masses contournées à peine cristallines, etc. J'ai constaté pour ces alliages des solubilités différentes dans les acides et qui sont d'autant moins faciles que la proportion de nickel est plus grande.

SYNTHÈSE DE LA LAWRENCITE.

Au cours des expériences dont on vient de parler comme ayant fourni la reproduction synthétique des fers nickelés météoritiques, il m'est arrivé à plusieurs reprises de trouver entre les lamelles de kamacite et bien plus souvent à l'extrémité des aiguilles de tænite, je retirais des appareils d'admirables petits cristaux de plusieurs millimètres de côté. Ces cristaux, d'un blond clair, étaient remarquables par leur extrême déliquescence, laquelle donnait lieu à un liquide d'un brun rougeâtre. La solution de ces cristaux, d'abord vert jaunâtre, passe très rapidement à l'ocreux au contact de l'air; on y trouve du chlore et du fer. Toutes ces propriétés sont celles de la lawrencite, et mes expériences rendent très évident le procédé par lequel les cristaux de chlorure ferreux découverts par Smith dans plusieurs fers météoriques, se sont trouvés englobés dans les alliages métalliques.

Cette synthèse, outre son intérêt spécial vis-à-vis le chlorure de fer, jette donc du jour sur le mode de formation des holosidères elles-mêmes : jamais une masse de fer fondu ne pourrait conserver dans son intérieur des cristaux d'un corps aussi peu fixe que la lawrencite.

SYNTHÈSE DES SILICATES MAGNÉSIENS ; PÉRIDOT, PYROXÈNE, ENSTATITE, ETC.

Un des minéraux les plus essentiels des météorites est, comme on le sait, un silicate magnésien de nature pyroxénique. La fusion permet d'obtenir, avec le mélange des éléments, un composé dont la composition chimique est celle du corps naturel; mais ce procédé ne reproduit pas la structure spéciale du minéral et surtout ne permet pas, comme on le verra plus loin, d'imiter son association avec les autres substances météoritiques.

Il n'est pas besoin de rappeler ici comment M. Daubrée a mis en évidence les effets désorganisateurs de la fusion sur les types les plus variés de pierres tombées du ciel; mais on relira avec intérêt cette remarque dont il accompagne le récit de ses expériences : « La température élevée produite dans le laboratoire a amené, dit-il, la formation de silicates en cristaux nets et volumineux tels qu'on n'en rencontre jamais dans les météorites. Il est, en effet, extrêmement digne de remarque que les substances silicatées qui composent les météorites du type commun y soient toujours à l'état de cristaux très petits et essentiellement confus, malgré leur extrême tendance à cristalliser. S'il était permis de chercher quelque analogie autour de nous, nous dirions que les cristaux obtenus par la fusion des météorites rappellent les longues aiguilles de glace que l'eau liquide forme en se congelant, tandis que la structure à grains fins des météorites naturelles du type commun ressemble plutôt à du givre ou à de la neige, formée, comme on le sait, par le passage immédiat de la vapeur d'eau atmosphérique à l'état solide[1]. »

C'est d'après ces considérations que j'ai cherché à reproduire, suivant l'heureuse

[1] *Études synthétiques de géologie expérimentale*, p. 583.

expression qui vient d'être rappelée, une sorte de *givre* dont la substance fût, non pas de l'eau, mais du bisilicate de magnésie. Le succès m'a mis en présence du premier cas de production artificielle d'un silicate anhydre en présence de la vapeur d'eau à la pression ordinaire.

La disposition de l'expérience, qui ne pouvait avoir d'intérêt qu'autant qu'elle reproduirait des conditions naturelles, a été inspirée par des considérations faisant partie du domaine de la Géologie comparée et qui ont été rappelées plus haut. On a vu comment, d'après elles, il est logique de supposer que, soumis à un refroidissement suffisant, le mélange des vapeurs protubérantielles donnerait naissance, entre autres produits, à des silicates magnésiens.

C'est cette idée, toute risquée qu'elle puisse sembler tout d'abord, que j'ai soumise à l'expérience, et, ne pouvant emprunter au soleil une partie de sa photosphère, j'ai cherché à faire de celle-ci une imitation aussi parfaite que possible pour le but spécial qui était en vue. En d'autres termes, j'ai mis en présence, à une température convenable, la vapeur d'eau, la vapeur de magnésium et la vapeur de chlorure de silicium.

Dans la pratique, le magnésium, en fils ou en rubans, est placé vers le milieu d'un tube de porcelaine disposé dans un fourneau (fig. 91). L'une des extrémités

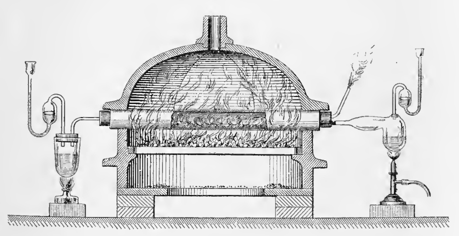


Fig. 91. — Appareil permettant de réaliser la synthèse des silicates magnésiens météoritiques par la réaction simultanée, sur la vapeur de magnésium, de la vapeur d'eau et du chlorure de silicium.

du tube est en rapport avec une cornue où bout de l'eau ; à l'autre extrémité débouche le tube abducteur d'un petit récipient renfermant du chlorure de silicium chauffé au bain-marie ou à l'aide d'une petite lampe. On ménage, bien entendu, dans l'un des bouchons une issue pour les produits volatils.

A peine le tube est-il parvenu au rouge, que la réaction suivante s'établit :

$$Mg + SiCl^2 + 3HO = \underbrace{SiO^2,MgO}_{\text{Pyroxène magnésien.}} + 2HCl + H.$$

Il faut remarquer que les choses n'ont pas tout à fait dans la réalité cette simplicité théorique : il se fait toujours de la silice farineuse par la réaction du chlorure de silicium sur l'eau et un peu de magnésie par la réaction de l'eau sur le métal. Mais ces dépôts accessoires sont localisés et très faciles à isoler : ils ne masquent pas le phénomène principal.

Quand l'opération est bien conduite, l'enstatite ou le pyroxène se dépose en abondance et se présente sous la forme d'une poudre blanche d'aspect analogue à la silice elle-même. Examinée au microscope, cette poudre offre des caractères auxquels on ne saurait se tromper : elle est entièrement cristallisée en prismes en général non terminés, éminemment clivables et très actifs sur la lumière polarisée. Les cristaux sont précisément « très petits et essentiellement confus », comme ceux des météorites décrits plus haut, et ils affectent entre eux les mêmes groupements. Par exemple, il est très fréquent de les rencontrer sous forme de rayonnements autour d'un point (fig. 92), absolument comme les agglomérations d'aiguilles d'enstatite si répandues dans les météorites les plus ordinaires.

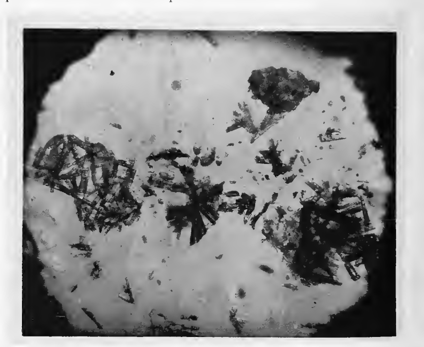


Fig. 92. — Cristaux de pyroxène magnésien obtenus par condensation de vapeurs. Echantillon vu au microscope.

Un autre trait d'identité réside dans les fissures qui traversent les cristaux d'enstatite, qu'ils appartiennent à des météorites naturelles ou qu'ils sortent du tube de porcelaine : et je crois que ce caractère de fendillement, offert comme on sait à un haut degré par nos roches trachytiques, est fort éloquent relativement aux conditions d'origine des roches qui le présentent. Le fendillement est accompagné d'innombra-

bles inclusions dont la nature n'a pu être déterminée et qui rappellent complètement celles que M. Sorby a signalées dans les météorites.

Exceptionnellement, les cristaux artificiels d'enstatite ont un volume un peu plus gros, plus de limpidité, moins de fissures, une netteté plus parfaite d'arêtes; on ne saurait alors les distinguer de la variété remarquable que j'ai découverte il y a plus de dix ans dans la syssidère de Deesa et décrite sous le nom de *Victorite*[1].

SYNTHÈSE DE SILICATES ALUMINEUX ET DE SILICO-ALUMINATES ALCALINS.

Bien que les procédés d'analyse minéralogique ou immédiate des roches laissent encore beaucoup à désirer, il n'en est pas moins démontré que la plupart des météorites primitives contiennent une petite quantité de silicates à base d'alumine. Il était donc intéressant de rechercher si la méthode qui vient d'être décrite est propre à imiter ces derniers minéraux. Le résultat offrira d'ailleurs des applications à l'histoire des météorites d'autres types (eukrite, etc.) et à celle de maintes roches terrestres.

J'ai donc soumis d'abord à une étude spéciale l'action simultanée, à la température rouge, de la vapeur d'eau et de la vapeur de chlorure de silicium sur l'aluminium métallique lui-même volatilisé. Le résultat varie avec les conditions de l'expérience, avec la température et spécialement avec la vitesse des courants gazeux.

Si la vapeur de chlorure de silicium est prédominante, le produit principal consiste en silicium métallique qui affecte deux formes principales suivant les points : tantôt il est en petites lamelles cristallines enchevêtrées de façon à donner lieu à des agglomérations qui ont la même forme générale que les grenailles d'aluminium fondues sur lesquelles elles se sont concrétées; tantôt il est en fines aiguilles simples ou groupées, pouvant atteindre des dimensions relativement considérables.

Si la vapeur d'eau est en excès, ce qui se dépose surtout c'est un mélange d'alumine et de silice terreuses où il est parfois très difficile de trouver le moindre vestige d'une substance cristallisée.

Au contraire, lorsque les deux courants gazeux sont de vitesse et d'abondance relatives telles, qu'ils peuvent se mélanger dans toute la longueur du tube au contact de l'aluminium, alors le microscope retrouve aisément, dans la poudre grisâtre déposée partout, des myriades d'aiguilles cristallisées, transparentes, enchevêtrées les unes dans les autres et actives sur la lumière polarisée. L'action dépolarisante de ces aiguilles est d'ailleurs faible, mais il faut attribuer cette circonstance à leurs dimensions exiguës, qu'on pourrait peut-être accroître par une disposition convenable de l'appareil.

Il est presque impossible de séparer ces cristaux de l'excès de matière étrangère (silicium, silice, alumine) avec lequel elles sont mélangées. Mais on rencontre des points où elles se sont produites seules, et il devient dès lors aisé d'en déterminer la composition chimique. J'y ai trouvé (sur $0^{gr},94$) :

Silice.	40,91
Alumine.	58,02
	98,93

1. Stanislas Meunier : *Le Cosmos*, livraison du 21 août 1869.

C'est, comme on voit, la composition de la sillimanite.

Ce qui précède montre que la reproduction de silicates alumineux par la méthode que j'ai décrite est beaucoup plus difficile et plus incertaine que celle des silicates magnésiens. Mais, contre toute attente, l'expérience devient au contraire très facile si, par une complication considérable, on fait intervenir la potasse caustique au contact de l'aluminium. Dans ce cas, il se produit, en abondance extrême, des cristaux brunâtres (fig. 93), parfaitement nets, donnant à l'analyse :



Fig. 93. — Amphigène obtenue artificiellement par condensation de vapeurs. Échantillon vu au microscope.

Silice.	55,83
Alumine	23,54
Potasse (par différence). . .	20,63
	100,00

Tous ces caractères sont ceux de l'amphigène naturelle.

Les cristaux agissent sur la lumière polarisée; leurs dimensions varient de $0^{mm},003$ à $0^{mm},012$ de diamètre.

A une température peu différente, j'ai obtenu en outre des prismes maclés offrant les contours de cristaux feldspathiques. Jusqu'ici cette substance ne s'est pas présentée en quantité suffisante pour que son analyse ait été possible.

La substitution de la soude ou du chlorure de calcium à la potasse a conduit à des résultats qui semblent analogues aux précédents, mais qui réclament une étude ultérieure.

SYNTHÈSE DE L'ALUMINATE DE MAGNÉSIE (SPINELLE).

Pour obtenir des aluminates par le procédé propre à fournir des silicates cristallisés, il suffit évidemment de substituer le chlorure d'aluminium au chlorure de silicium employé précédemment.

L'expérience a donc consisté à mettre en présence, dans un tube chauffé, le chlorure d'aluminium, la vapeur d'eau et le magnésium métallique. Le chlorure d'aluminium étant solide, il m'a paru commode de le placer à l'avance dans le tube de porcelaine, de telle sorte que les rubans de magnésium y fussent simplement enfouis. Dès que la température atteint le rouge, on laisse arriver la vapeur d'eau ; on arrête quand l'acide chlorhydrique cesse de se dégager.

Le produit consiste en une substance blanche ayant conservé par place la forme des rubans métalliques et qui semble au premier abord tout à fait amorphe. Au microscope, on constate au contraire qu'elle est cristallisée pour la plus forte part.

Les cristaux, groupés ordinairement en druses, sont absolument incolores. Ils consistent pour la plupart en octaèdres réguliers et en cubes. Ils sont absolument inactifs sur la lumière polarisée. Leur dureté extrême et leur inaltérabilité absolue dans l'acide azotique bouillant les identifient comme leur composition avec le spinelle naturel. Dans certaines portions du tube, ils sont mélangés de périclase ou magnésie cristallisée, attaquable dans l'acide azotique et résultant sans doute de l'action, déjà étudiée, de l'acide chlorhydrique sur la magnésie. On y aperçoit aussi quelques grains de forme allongée, très actifs sur la lumière polarisée et qui semblent être du corindon.

Ce résultat si net m'a naturellement engagé à tenter la synthèse de la gahnite ou spinelle zincifère, et pour cela le zinc prit dans l'expérience la place du magnésium.

Toutefois, l'aluminate de zinc ne se fit pas, et je crois pouvoir attribuer l'insuccès à la température trop peu élevée qui fut atteinte et qui ne détermina pas la volatilisation du métal. Celui-ci s'était réuni en une sorte de lingot et n'avait subi qu'une très faible oxydation.

Néanmoins, la poudre blanche qui remplissait le tube se montra remplie d'une multitude de lamelles hexagonales d'une netteté et d'une régularité admirables et n'exerçant aucune action sur la lumière polarisée. Un premier essai ayant démontré que ces cristaux ne renferment point de zinc, il devint probable qu'ils étaient constitués par l'alumine pure et représentaient par conséquent une imitation artificielle du corindon de la nature.

Pour m'en assurer, je soumis à l'action de la vapeur d'eau seule, du chlorure d'aluminium placé dans un tube de porcelaine et chauffé au rouge : c'était une simple variante de ces expériences célèbres qui ont donné déjà l'oligiste et la cassitérite, et j'ai peine à croire, malgré le mutisme des livres à cet égard, que les chimistes ne l'aient pas tenté déjà depuis longtemps.

Quoi qu'il en soit, cette manipulation si simple a fourni en abondance les lamelles hexagonales précédemment signalées, et il n'y a plus maintenant à douter de leur vraie nature.

REPRODUCTION DES ROCHES MÉTÉORITIQUES.

Au point de vue de la reproduction synthétique, il faut nécessairement distinguer les roches homogènes, ou formées d'un seul type lithologique, et celles qui, au contraire, consistent dans l'association de parties évidemment différentes les unes des autres. (brèches filoniennes ou autres).

On va voir que les résultats sont bien différents dans les deux cas.

Roches homogènes.

REPRODUCTION DES HOLOSIDÈRES.

La longue série de roches métalliques qu'on peut réunir sous ce titre s'est évidemment produite par des procédés très différents, comme on le verra plus loin; cependant on les a ordinairement confondues ensemble dans les expériences synthétiques, où l'on a posé en fait qu'il n'y avait pas à se préoccuper beaucoup de leur composition chimique. Il suffit d'introduire dans un fer terrestre du nickel, du cobalt, du soufre, du phosphore, etc., dans des proportions convenables pour qu'il donne à l'analyse les mêmes résultats que les fers météoriques. Mais il était extrêmement important de chercher à reproduire la structure des fers extra-terrestres à laquelle est due la production des figures de Widmannstætten.

Nous avons déjà dit que les figures de Widmannstætten sont dues non seulement à la cristallisation, mais aussi à la non-homogénéité de la masse. Cette structure est absolument comparable à celles de la pegmatite graphique (fig. 94).

M. Daubrée, dans le cours d'expériences réalisées à une température élevée, a montré comment les figures des fers météoritiques sont modifiées par le fait de la fusion.

Du fer météorique de Caille fut fondu dans une brasque d'alumine; le refroidissement fut conduit avec lenteur, puis on pratiqua dans la masse une section qui fut polie et soumise à l'action d'un acide. Les figures avaient non seulement perdu beaucoup de leur régularité primitive, mais encore leur trait le plus saillant et avaient pris un caractère éminemment dendritique.

Ce résultat indiquait que les produits d'expériences ne pourraient jamais présenter absolument les caractères des fers naturels et donnait la mesure de ce qu'on était en droit d'attendre des expériences par voie ignée qui ne pouvaient fournir que la reproduction des produits de fusion des fers météoriques.

L'auteur commença par associer le fer doux à chacune des substances principales qui l'accompagnent dans les masses météoriques, c'est-à-dire au nickel, au silicium, au soufre et au phosphore.

Dans les trois premiers cas, on a obtenu des produits donnant par les acides des dendrites indiquant leur structure éminemment cristalline; mais on n'observe pas de véritable départ comparable à celui des fers météoriques.

Lorsqu'on fondit le fer avec une addition de phosphure de fer dans une proportion qui fut successivement portée de 2 à 10 p. 100, on vit, sur la surface polie qui a subi l'action de l'acide, s'isoler une substance plus brillante et plus résistante dessinant un dessin qui rappelle celui des fers météoriques *ayant subi la fusion*.

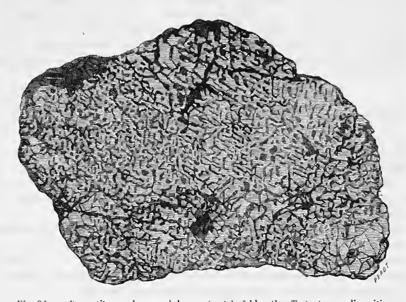


Fig. 94. — Pegmatite graphique, où le quartz et le feldspath affectent une disposition lamellaire alternative rappelant celle des fers nickelés dans les holosidères.

Un résultat meilleur a été obtenu en introduisant du nickel, en même temps que du phosphure de fer, et surtout en opérant sur une masse de 2 kilogrammes. Au milieu des dessins dendritiques d'une régularité très remarquable et qui, d'après l'examen qu'en a fait M. Des Cloizeaux, paraissent disposés suivant la forme du dodécaèdre rhomboïdal régulier, on aperçoit alors la matière brillante isolée et comme repoussée dans les interstices sous une forme réticulée.

Dans une autre série d'essais, l'auteur a réduit, par fusion dans un creuset brasqué, certaines roches terrestres telles que le péridot, la lherzolite, l'hypersthène du Labrador, les basaltes, les métaphyres. Les culots métalliques se sont montrés d'ordinaire sensiblement homogènes.

Reprenant ce sujet par la méthode qui a donné plus haut séparément les alliages météoritiques, je me suis préoccupé de préparer ceux-ci en contact les uns avec les autres, de façon à présenter le mode d'association mutuelle qu'ils affectent dans la nature.

Dans ce but, j'ai opéré de deux manières : d'abord la réduction par l'hydrogène s'est opérée sur un mélange très inégal des deux chlorures de fer et de nickel, et il s'est produit simultanément, suivant les points du tube, des alliages très divers

qui, dans quelques portions, se sont mélangés sans donner lieu toutefois à une association régulière comparable à celle de tant de fers météoriques.

Dans une seconde série d'essais des alliages définis, obtenus tout d'abord comme il a été dit plus haut, ont été placés dans un tube où devait se produire un second alliage et, comme il fallait s'y attendre, la superposition s'est faite d'une manière complète. Des aiguilles de tænite ont été ainsi partiellement empâtées dans un alliage tout différent, d'une structure dendritique remarquable. L'ensemble a donné par la méthode ordinaire les linéaments d'une vraie figure de Widmannstætten. J'ai conservé longtemps au Muséum un échantillon très satisfaisant de cette synthèse des holosidères dont la destruction progressive a résulté de la présence dans son intérieur de quelques grains de chlorure.

•

REPRODUCTION DES ROCHES PIERREUSES DES TYPES MÉTÉORITIQUES LES PLUS COMMUNS

M. Daubrée a fait, relativement à la reproduction synthétique des météorites des types communs, une série très longue d'expériences.

Suivant ici la même marche que pour les fers, l'auteur a commencé par examiner ce que devient une météorite du type commun après qu'elle a été soumise à la fusion.

Comme les pierres météoriques nous arrivent toujours recouvertes d'une croûte noire et vitreuse due à une fusion superficielle opérée dans leur trajet à travers l'atmosphère, on pouvait croire qu'en les fondant dans des creusets on n'obtiendrait pas autre chose que cette même matière vitreuse. Or, l'expérience est venue apprendre qu'il en est tout autrement et que ces substances possèdent au contraire une aptitude très prononcée pour la cristallisation.

En effet, si l'on soumet à une température suffisamment élevée les météorites du type commun, la masse, après fusion, se compose d'un culot et de grenailles métalliques disséminées dans une gangue pierreuse. Celle-ci représente un mélange en proportions variables de péridot et d'enstatite.

La première espèce présente souvent des formes nettes et mesurables. Ces deux silicates se séparent par une sorte de liquation. En général, le péridot forme à la surface une pellicule mince cristallisée, tandis que l'intérieur se compose de longues aiguilles d'enstatite.

Cependant, dans certains cas, les cristaux d'enstatite s'étendent à la surface de la masse.

L'existence dans le produit de fusion des météorites, du péridot et de l'enstatite désignait comme matière première des expériences de reproduction les roches terrestres caractérisées par la présence de ces deux silicates magnésiens.

On les a choisies, en effet, et les principaux essais ont porté sur la lherzolite, roche intéressante, découverte d'abord dans les Pyrénées, retrouvée ensuite dans le Nassau et dans d'autres localités, et dont on doit l'analyse à M. Damour[1]. Cette roche consiste en un mélange de péridot, d'enstatite et de pyroxène auxquels se joint souvent le spinelle picotite.

1. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XIX, p. 403.

Les roches dont il s'agit ont d'abord été soumises à la fusion simple, c'est-à-dire sans addition d'aucun réactif.

Le péridot s'est converti en une masse verte translucide, recouverte de cristaux de péridot et entièrement cristallisée à l'intérieur, ainsi qu'il résulte de son action sur la lumière polarisée.

Sa structure est souvent lamellaire comme celle du péridot des scories et contraste ainsi avec le péridot granulaire et peu cohérent que renferment souvent les roches basaltiques.

La lherzolite fond encore plus facilement que le péridot et donne une masse qui reproduit à s'y méprendre la roche naturelle, avec cette différence que l'on remarque à la surface et dans l'intérieur les aiguilles d'enstatite que l'on ne distinguait pas avant la fusion.

Une seconde série d'expériences a consisté à soumettre les roches en question à la fusion en présence de substances réductives. On a surtout fait usage de charbon, disposé en brasque dans un creuset.

Les résultats sont analogues à ceux que donne la fusion simple, avec cette différence que le fer, qui était combiné dans les silicates, se réunit à l'état métallique; il se sépare en grenailles, ou reste disséminé dans le silicate non décomposé en grains microscopiques, séparables au barreau aimanté.

Comme on voit, ce produit de la réduction et de la fusion des roches péridotiques terrestres ressemble beaucoup à celui des météorites soumises à la fusion simple, et l'analogie subsiste, non seulement pour la partie pierreuse, mais aussi pour la partie métallique qui, dans les deux cas, consiste surtout en fer plus ou moins nickélifère.

Le charbon n'a pas été seul employé dans les réductions qui nous occupent; l'hydrogène aussi a servi et les résultats ont été analogues aux précédents. La lherzolite, le pyroxène, etc., soumis au rouge à un courant d'hydrogène, abandonnent à l'état de métal le fer qui s'y trouvait sous la forme de silicate de protoxyde.

La méthode dont l'auteur a fait usage dans une dernière série d'expériences, consiste à chauffer les corps dominants des météorites du type commun, autres que l'oxygène, savoir : le fer, le silicium et le magnésium, dans une atmosphère incomplètement oxydante, et à en opérer non seulement le grillage, mais aussi la fusion, c'est-à-dire la scorification. En soumettant ainsi à la température élevée du chalumeau à gaz de M. Schlœssing du siliciure de fer, contenu dans une brasque de magnésie, on voit le fer se séparer, tant à l'état métallique qu'à l'état de silicate de protoxyde, et du péridot se produire, en partie à l'état cristallisé.

MM. Fouqué et Lévy ont pensé arriver à un résultat plus satisfaisant que par la fusion simple, en faisant intervenir le recuit dont ils ont tiré un bon parti par l'imitation de certaines roches terrestres et des eukrites.

« Les météorites artificielles, disent-ils, contiennent du péridot, de l'enstatite, du fer oxydulé et un pyroxène exclusivement magnésien. Tous ces minéraux, obtenus à haute température par un recuit prolongé, présentent des formes raccourcies et leur association possède une structure franchement granitoïde.

« Le pyroxène, exclusivement magnésien, est identique à celui qui a été obtenu artificiellement par Ebelmen et décrit par lui sous le nom de *diopside magnésien*.

« Il est remarquable par les macles multiples, parallèles à h^1, qui lui donnent

au microscope, entre les nicols croisés, une certaine ressemblance avec les feldspaths tricliniques. Les cristaux couchés sur g^1, loin de présenter des extinctions longitudinales comme l'enstatite, s'éteignent sous un angle de 28°. On a pu constater la présence de ce pyroxène dans les météorites naturelles de Rittersgrün et de Kragujewatz. »

Selon nous, cependant, cette synthèse pèche radicalement par divers points, et tout spécialement en ce qui concerne les granules métalliques renfermées dans la roche.

Parlant de leurs produits d'expériences, MM. Fouqué et Lévy disent:

« Le fer oxydulé est tantôt en cristaux isolés, tantôt en amas distribués dans les interstices des autres minéraux. Pour le transformer en fer métallique, il suffit d'exposer les culots obtenus à l'action du gaz d'éclairage, au rouge sombre, pendant environ deux heures. L'oxyde se trouve ainsi réduit, et le fer métallique qui prend ainsi naissance, loin de se montrer en granules résultant de la fusion, est en filaments et en amas irréguliers, paraissant mouler les silicates qui lui sont associés. Une dissolution de sulfate de cuivre met aisément cette disposition en évidence. »

Or, tous ceux qui examineront ces produits verront qu'ils n'ont avec les roches à reproduire qu'une ressemblance tout à fait superficielle.

Il n'y a pas de granule métallique météoritique, si petit qu'on le suppose, qui soit homogène. Toujours, les acides, en y dessinant les figures de Widmannstætten, révèlent dans leurs masses l'existence de divers alliages superposés et régulièrement ordonnés. Or, la fusion ne peut donner lieu à cette disposition. Elle est obtenue, au contraire, par la concrétion résultant des réactions mutuelles de vapeurs, et c'est un point qui nous occupera bientôt.

J'ai fait à l'égard des météorites des types communs de longues séries d'expériences. Leur résultat est que ces masses sont le produit d'actions successives et parfois fort complexes.

Tout d'abord le procédé en vertu duquel se sont produites les sporadosidères et qui peut se résumer en affirmant que la fusion ignée n'y a point pris part, résulte également de l'observation des granules de fer nickelé qui sont disséminés dans leur substance.

En effet, la forme même de ces grenailles conduit à la même conclusion que l'état de cristallisation confuse des silicates. On sait qu'en fondant un mélange de substances pierreuses et de substances métalliques, on obtient bien des grenailles disséminées dans une gangue pierreuse, mais ces grenailles se présentent sous la forme de sphérules, comparables à du plomb de chasse et d'autant plus régulières que leur volume est plus petit. C'est ce que montrent nettement les produits de fusion des météorites dont M. Daubrée a enrichi la collection du Muséum.

Loin d'être sphériques, les grains métalliques des sporadosidères sont au contraire essentiellement anguleux et ramuleux; dans beaucoup de cas ils forment des enveloppes plus ou moins continues autour des éléments pierreux de la roche cosmique.

Il suffit pour s'en convaincre de jeter un coup d'œil sur des spécimens polis appartenant d'ailleurs aux types lithologiques les plus variés : aumalite, chantonnite, aiglite, lucéite, parnallite, mesminite, ménite, tadjérite, etc. Ainsi, dans les

échantillons de la chute de Knyabinya, Hongrie, 9 juin 1866, qui appartient au type aiglite, on trouve en abondance des grenailles anguleuses et ramifiées qui, manifestement, comblent des vides laissés entre les fragments pierreux de cette roche grésiforme et contribuent à les cimenter entre eux. Le nombre est considérable de nodules lithoïdes plus ou moins entourés d'une ceinture métallique, et l'on remarque, comme dans bien d'autres cas, que les mouches de sulfure (troïlite) ont les mêmes allures que les grains de fer.

D'ailleurs, on ne voit jamais de grenailles dans l'intérieur des éléments pierreux, à moins qu'ils ne soient fissurés.

Dans un échantillon de la chute de Beuste (Basses-Pyrénées), 1859 (chantonnite) et dans un échantillon de Claywater (Wisconsin), 26 mars 1865 (ménite), on voit des grenailles filamenteuses sensiblement rectilignes de plus de 2 centimètres de longueur. Cangas de Onis (Espagne) 6 décembre 1866 (mesminite), en a une en forme de larme qu'on peut rapprocher des précédentes.

Enfin, dans une foule de pierres, les globules silicatés sont enveloppés d'une couche mince de métal dont la section est pour ainsi dire capillaire. C'est ce que montrent entre autres : Harrisson County (Kentucky), et Aldsworth (Angleterre), 4 août 1835 (toutes deux du type aiglite), Mezõ-Madaras (Autriche), 4 septembre 1852 (parnallite), etc.

Les coupes transparentes préparées pour le microscope permettent d'apprécier nettement les relations mutuelles de la pierre et du métal et confirment en les précisant les remarques précédentes.

Il ne faut d'ailleurs pas oublier que les sporadosidères et spécialement les polysidères peuvent contenir des fragments de fer nickelé tout différents des grenailles qui nous occupent et qui y ont été amenés comme les fragments pierreux eux-mêmes. Comme ceux-ci, ces débris métalliques sont souvent enveloppés par les grenailles. C'est un fait sur lequel j'ai insisté dès 1872, à propos de la structure et du mode de formation de la logronite [1].

En résumé, la disposition des grenailles est telle dans les sporadosidères, qu'il est clair qu'elles sont de formation postérieure à celle de la gangue pierreuse qu les renferme.

L'expérience est venue confirmer cette opinion d'une manière complète.

La reproduction réalisée précédemment des principaux alliages qui entrent dans la constitution des holosidères m'a encouragé à rechercher si les métaux réduits comme il vient d'être dit, auraient de la tendance à envelopper et même à cimenter entre eux des fragments de roches convenablement disposés. Or, il résulte d'expériences répétées que c'est avec la plus grande facilité qu'on recouvre des grains de péridot ou des fragments de dunite d'un enduit absolument continu d'alliages variés de fer et de nickel. En brisant ensuite les échantillons, on reconnaît que la concrétion métallique a parfois pénétré dans les fines fissures, et cette disposition reproduit exactement l'un des traits les plus intéressants de la syssidère de Brahin (échantillon catalogué au Muséum sous le signe 2. Q. 426 et représenté plus haut fig. 36, page 143).

En prolongeant suffisamment l'expérience, on arrive ainsi à empâter complètement

1. Stanislas Meunier : *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 1547.

les grains lithoïdes dans une masse métallique, de façon à obtenir un ensemble dont la structure bréchiforme rappelle à première vue les syssidères concrétionnées qui viennent d'être citées. Toutefois, en général, la ressemblance n'est pas absolument parfaite, l'expérience de Widmannstætten ne donnant pas de figures concentriques à chaque grain pierreux.

Pour obtenir cette identité, il faut, appliquant ce qui a été dit pour les holosidères, replacer à diverses reprises, dans le milieu incrustant, alimenté successivement de mélanges divers des deux chlorures, les mêmes échantillons de roches. Il se fait alors autour de ceux-ci des dépôts superposés d'alliages variés. Dans ces conditions, il suffit d'un peu de patience pour obtenir des *fac-simile* complets des roches cosmiques.

Que l'on place dans un tube de porcelaine, de petits fragments de péridot bien tassés et qu'on détermine dans leur voisinage la réduction par l'hydrogène d'un mélange de protochlorure de fer et de chlorure de nickel, on reconnaîtra, après refroidissement, en polissant une surface plane, au travers de la brèche cimentée par le métal, que l'alliage s'y est insinué en grenailles impossibles à distinguer des grenailles métalliques des météorites (fig. 95).



Fig. 95. — Production artificielle, par voie de concrétion, des granules de fer nickelés des sporadosidères. Grandeur naturelle.

On a vu que parmi les particularités les plus curieuses de la structure de la portion pierreuse des sporadosidères, il faut citer l'existence des éléments globulaires connus sous le nom de chondres. Leur imitation est des plus intéressantes.

M. Daubrée[1] a cherché dans quelles circonstances spéciales la texture globulaire des météorites, telles que celles d'Ornans, a pu se former, en tâchant de l'imiter.

Dans des expériences antérieures[2], il avait déjà obtenu, sous la forme globulaire, des silicates magnésiens de composition analogue à ceux des météorites, mais d'une manière accidentelle.

Si l'on fond du péridot, après l'avoir mélangé de charbon, de manière à le diviser suffisamment, la substance silicatée, en refroidissant, s'isole, sous forme de petits globules, les uns sphéroïdaux, les autres présentant des déformations comparables à celles qu'on observe dans les globules d'Ornans.

Les globules ainsi obtenus ne sont plus exclusivement formés de péridot, mais

1. *Bulletin de la Société géologique de France*, 7e série, t. XXVI, p. 95, séance du 9 nov. 1868.

2. *Expériences synthétiques relatives aux météorites : Bulletin de la Soc. géolog. de France*, 2e série, t. XXIII, p. 291.

ils sont intimement mélangés de fer métallique, très divisé, résultant évidemment d'une réduction partielle du silicate primitif qui est, comme on sait, à base de magnésie et de protoxyde de fer.

Par suite de cette réduction partielle, il se reproduit, aux dépens du protosilicate (péridot), du bisilicate (enstatite ou pyroxène), tel qu'en présente aussi la météorite d'Ornans.

Les globules artificiels, examinés en tranches minces à l'aide de la lumière polarisée, manifestent cependant une tout autre structure que les globules de la pierre d'Ornans.

Il suffit de mélanger au péridot 1 huitième de son poids de charbon pour obtenir une granulation parfaitement nette.

Quant à l'état de division du fer au milieu des silicates qui constituent la pâte, il ressemble complètement à celui sous lequel il se sépare dans une masse de péridot que l'on réduit par l'hydrogène. La couleur d'une pareille masse est d'ailleurs identique à celle de la météorite d'Ornans.

L'expérience, dit M. Daubrée, vient encore à l'appui d'une supposition antérieure, émise d'une manière générale, que les météorites se seraient formées dans une atmosphère hydrogénée.

Mais parmi les chondres, il en est de fort nombreux dont la structure est extrêmement remarquable. Ils consistent, comme on l'a déjà vu, en cristaux aciculaires de pyroxène magnésien rayonnant autour d'un point situé à la surface du chondre et plus ou moins incrustés de minéraux variés, lithoïdes ou métalliques.

Disséminés en petit nombre dans quelques pierres, les chondres composent la presque totalité des masses réunies dans les types montréjite, stawropolite, etc.

Leur structure tout à fait exceptionnelle diffère absolument de celle des roches globulifères terrestres ; pour l'expliquer, M. Hahn a rédigé gravement cette joyeuse élucubration qui fait des chondres le produit de la fossilisation de polypiers et des spongiaires cosmiques[1]. L'illustre M. Carl Vogt[2] a fait justice comme il convenait de ces rêveries saugrenues.

M. Carl Vogt[3], par une comparaison détaillée des spongiaires vivants et fossiles avec les prétendus spongiaires des météorites, démontre qu'il n'y a aucune ressemblance dans la structure microscopique. Il prouve également par des comparaisons, que ni les coraux, ni les crinoïdes que M. Hahn croit avoir découverts dans les météorites, n'ont rien de commun, dans leur structure microscopique, avec les coraux et crinoïdes vivants ou fossiles.

Il réfute la théorie, au moins singulière, suivant laquelle les coraux ne seraient qu'un développement évolutif des spongiaires, et les crinoïdes une évolution ultérieure des coraux.

M. Carl Vogt démontre que, pour arriver à une connaissance aussi complète que possible de la constitution des chondres, il faut avoir recours à des observations de contrôle, basées sur la dissociation des éléments, opérée par des agents chimiques (acides, potasse caustique) ou par l'action mécanique du polissage

1. *Die Meteoriten und ihre Organismen*, Tubingue, 1880.
2. *Les prétendus organismes des météorites*, Genève, 1882.
3. *Comptes rendus*, t. XCIII, p. 1166.

poussé jusqu'à sa dernière limite. Les fragments ainsi obtenus doivent être étudiés, non seulement à la lumière ordinaire, mais aussi à la lumière polarisée. Les observations de contrôle démontrent, avec la dernière évidence, que les chondres sont entièrement composés de pièces cristallines, diversement agencées et groupées, et que toute conformation organique leur est complètement étrangère.

« Je passe ensuite, dit le savant professeur, à la comparaison des structures observées sur les chondres avec celles des produits artificiels dont MM. Daubrée et Stanislas Meunier ont donné connaissance à l'Académie.

« Je prouve, par des dessins faits à la chambre noire, que diverses formes cristallines que l'on peut observer dans les météorites ont été reproduites, il y a longtemps par M. Daubrée, et que les givres d'enstatite, fabriqués par M. Stanislas Meunier (fig. 96), montrent sous le microscope le même agencement rayonné et articulé que les prétendus organismes de M. Hahn. »

Les études comparatives, appuyées par des dessins faits d'après nature, ont conduit M. Carl Vogt aux conclusions suivantes :

1. Les prétendus organismes des météorites (chondrites) n'existent pas : ce que l'on a décrit et figuré comme tel est engendré par des conformations cristallines, absolument inorganiques.

2. Aucun de ces prétendus organismes n'a la structure microscopique propre aux organismes vrais, auxquels on les a associés ; en particulier, les prétendus spongiaires ne montrent pas la structure des spongiaires vivants ou fossiles, ni les soi-disant coraux celle des polypiers, des anthozoaires, ni les crinoïdes imaginaires celle des crinoïdes reconnus.

3. Les structures observées sont ou dues à la présence d'une matière incrustante opaque, ou le résultat d'illusions d'optique, causées par une méthode incomplète de recherches microscopiques.

4. L'étude microscopique de plaques minces obtenues par le polissage poussé seulement jusqu'à une certaine limite est insuffisante pour se rendre compte de la structure des chondres. Cette recherche doit être contrôlée par des observations faites sur des plaques réduites à la dernière limite, ainsi que par l'examen des chondres dissociées au moyen des acides et de la potasse caustique.

5. Les observations de contrôle démontrent, avec évidence, que tous les chondres sont composés de pièces transparentes, cristallines, groupées de différentes manières, mais le plus souvent en colonnettes ou en aigrettes ramifiées et rayonnantes depuis un centre. Les interstices, les cassures et les séparations de ces pièces groupées sont remplis par une matière incrustante opaque, résistant en grande partie à l'action des acides, simulant des cloisons *ayant corps* et autres particularités attribuées à une structure organique.

6. Les aigrettes composant les chondres sont identiques, quant à leur forme et au groupement des pièces cristallines qui les composent, avec les aigrettes d'ensta-



Fig. 96. — Cristaux d'enstatite artificielle obtenus par M. Stanislas Meunier et dessinés à la chambre claire par M. Carl Vogt. — Très fortement grossis.

tite artificielles, obtenues par M. Stanislas Meunier dans ses expériences; comme aussi les boulettes de givre formées dans ces mêmes expériences sont analogues, quant à l'ensemble du groupement, aux chondres à structure ramifiée et articulés.

7. Certains chondres à fin striage laissent voir un groupement colonnaire rectiligne, identique avec la structure de certaines enstatites terrestres (*Schifferfels* de Bach, dans le Harz).

8. La plupart des chondrites contiennent une quantité de groupes de cristaux plus gros, identiques, quant à leur groupement, leur forme et leur structure, avec les groupes de cristaux d'enstatite obtenus par M. Daubrée par la fusion du péridot avec du fer doux.

9. Abstraction faite des masses pulvérulentes, des substances métalliques et de la matière incrustante non cristallisée, les météorites ordinaires ne sont composées que d'éléments cristallins, réunis en chondres, comme le démontre la désagrégation au moyen de l'usure ou des acides.

D'une manière plus sérieuse plusieurs hypothèses ont été proposées relativement à l'origine des chondres, et nous devons faire une place à part à l'opinion de M. Tschermak, pour qui ces globules auraient été produits « par la solidification d'une roche entraînée dans le mouvement tourbillonnaire d'un gaz[1]. »

Toutefois, trompé par une apparence tout extérieure, le savant autrichien rapproche les météorites chondritiques des productions volcaniques terrestres et ne voit dans leurs éléments globuleux que des produits *des triturations d'une roche cristalline*. Cette supposition, reproduite cependant par divers minéralogistes, est si insoutenable que l'auteur lui-même constate des différences radicales entre les météorites et les conglomérats volcaniques.

Les tufs météoritiques, dit-il, sont particulièrement caractérisés par ce fait qu'ils ne renferment aucune trace de matière scoriacée ou vitreuse ; ils ne contiennent pas de cristaux complets au sein d'une pâte ; en un mot, ils ne présentent aucun caractère permettant de les regarder comme issus probablement d'une lave.

On conçoit que les objections n'ont pas manqué à un pareil système; les plus fortes sans doute, parce qu'elles ont été faites d'une façon essentiellement impartiale, résultent des études approfondies de M. Gumbel[2].

« La *surface des chondres*, dit-il, n'est jamais lisse comme elle devrait l'être si ces globules étaient le résultat d'une *usure par roulement ;* elle est au contraire inégale, mamelonnée, âpre, comme la surface d'une masse taillée en facettes cristallisées... Beaucoup de ces chondres sont allongés avec un amincissement dans une direction donnée, *comme cela arrive pour les grêlons*. Exceptionnellement se voient des chondres *joints ensemble comme des jumeaux*. »

On sera certainement frappé des expressions adoptées par le minéralogiste bavarois, car rien n'est plus éloquent que l'identité de structure des chondres avec

1. *Akad. d. Wissenchaften zu Wien*, 22 août 1875.
2. *Acad. de Munich, Bulletin*, 1878, p. 58.

celle des grêlons pour préparer à admettre conformément à mes expériences, que les globules météoritiques résultent de la condensation subite du givre photosphérique[1].

La rareté des météorites riches en chondres est d'accord avec l'opinion de M. Faye, que l'enveloppe cyclonique ne peut que rarement participer au mouvement tourbillonnaire.

A cette occasion, je tiens à répéter qu'il s'agit réellement dans ces essais de condensation brusque de vapeur, malgré le doute émis à cet égard par MM. Fouqué et Lévy dans le beau livre qu'ils ont récemment consacré à la *synthèse des mines et des roches*[2]. Je recueille en effet les cristaux pyroxéniques artificiels dans des parties de mes appareils situés *loin des fragments de magnésium* soumis à la chaleur et où par conséquent les vapeurs métalliques ont seules pu parvenir. De plus, les chondres sont d'autant plus volumineux et d'autant plus nombreux que les courants gazeux réagissant sont plus rapides, plus capables par conséquent de produire des remous et des tourbillons.

Quant à l'identité des chondres ainsi produits avec les traits de structure des météorites, j'en ai pour garant le témoignage de M. Carl Vogt. « Les givres à ma disposition, dit-il[3], étaient des préparations couvertes d'une lame en verre mince. Mais leur distribution sur différents niveaux démontre déjà que les colonnettes doivent rayonner dans tous les sens et former des flocons en boules. M. Stanislas Meunier m'informe qu'en effet les givres sortent sous cette forme du tube où ils se sont constitués ; mais que ces flocons sont tellement délicats que la pression du couvre-objet suffit pour les aplatir complètement. J'ai reçu dernièrement un petit tube rempli de givre, tel qu'il sort de l'expérience, et j'ai pu me convaincre qu'il renferme de petits flocons globulaires, composés d'aigrettes rayonnant dans tous les sens. »

REPRODUCTION DE L'EUKRITE.

Un exemple des plus nets de reproduction d'une roche météoritique homogène est celui que MM. Fouqué et Lévy ont publié à l'égard de l'eukrite. C'est d'ailleurs la répétition exacte de ce que ces mêmes savants avaient obtenu pour les laves terrestres qui ne diffèrent pas des météorites alumineuses.

Roches hétérogènes.

On vient de voir la reproduction des roches météoritiques homogènes se présenter comme ne pouvant pas être réalisée, sauf pour quelques types exceptionnels, par voie de fusion simple.

Il en est de même, à plus forte raison, pour les types hétérogènes : fondez le fer d'Atacama[4] ou la météorite pierreuse de Saint-Mesmin, et vous obtiendrez des magmas qui n'auront plus aucun rapport avec les types d'où vous serez parti.

1. Page 40.
2. Voyez le chapitre suivant.
3. *Loc. cit.*, p. 42.
4. On a vu, page 336, comment la structure des syssidères des types pallasite, atacamaïte, brahinite, etc., a été reproduite expérimentalement par voie de concrétion.

Quiconque examine ces roches avec soin conclut de cette étude que ces météorites résultent d'une série d'actions qui se sont succédé sur le même point pour élaborer les masses météoritiques.

Cette conclusion a des conséquences extrêmement connsidérables sur lesquelles nous aurons à revenir.

La plus importante pour le moment est l'analogie qu'elle présente avec le résultat de l'étude des roches terrestres, de façon qu'il m'a paru naturel de substituer à des recherches purement chimiques des investigations ordonnées d'après les considérations qui président d'ordinaire aux travaux des géologues.

On va voir les faits obtenus dans cette voie nouvelle, mais nous ne saurions les exposer sans nous placer à un nouveau point de vue, auquel sera consacré le chapitre suivant.

VI

POINT DE VUE GÉOGÉNIQUE

D'après leur mode probable de formation, on peut diviser les météorites en trois groupes principaux :

1° Les fers, les lithosidérites, les météorites des types communs, etc.;

2° Les météorites alumineuses (eukrite, etc.);

3° Les météorites charbonneuses.

Les eukrites reproduits exactement par M. Fouqué se présentent comme identiques aux roches d'origine purement ignée, et il est probable que les charbonneuses doivent leur constitution aux mêmes procédés qui donnent lieu aux matières bitumineuses de nos volcans; ce sont des points sur lesquels nous aurons à revenir.

Pour les autres types, il convient d'entrer ici dans quelques détails d'un caractère tout nouveau. Elles appartiennent au domaine très vaste dans lequel bientôt nous pénétrerons davantage et qui, parfaitement caractérisé par le nom de *Géologie comparée*, a, tout jeune encore, réalisé déjà des progrès considérables.

Un de ses résultats les plus nets que nous établirons avec toute la rigueur désirable, c'est que les météorites, malgré l'apparence indépendante de chacune d'elles, proviennent en réalité des régions les plus diverses d'un astre construit originairement sur le même plan général que la terre.

Pour le moment, bornons-nous à remarquer que les expériences dont nous venons de rendre compte, en montrant que les divers types de météorites ne sauraient être reproduits synthétiquement par un seul et unique mode opératoire, jettent un jour très vif sur l'origine qu'il convient d'attribuer à ces types.

Il en résulte, à l'égard des roches cosmiques, un ensemble de notions véritablement géogéniques qui permettent, comme on va voir, de les répartir en catégories distinctes auxquelles conviennent les noms de

Météorites primitives, ou *normales;*

Météorites pépériniformes;

Météorites volcaniques;

Météorites éruptives (*laviformes et scoriformes*);

Météorites filoniennes;

Météorites épigéniques;

Météorites métamorphiques.

Donnons quelques détails sur chacune d'elles.

LES MÉTÉORITES PRIMITIVES.

CAILLITE, ETC.; LUCÉITE, AUMALITE, ETC.

Parmi les roches météoriques, il s'en trouve nécessairement qui présentent cette particularité de dater précisément de l'époque où l'état solide s'est pour la première fois constitué sur l'astre dont elles faisaient partie; d'être par conséquent, et en d'autres termes, des roches essentiellement *primitives*.

Personne ne contestera l'intérêt qu'il y aurait à préciser l'histoire de ces roches singulières. Or, il semble, grâce au grand fait de l'unité de composition du système solaire, que cette tâche ne soit pas au-dessus de nos efforts.

Voici comment :

Le spectroscope nous apprend que le Soleil présente à sa périphérie un milieu dans lequel la matière est parvenue à ce moment critique où l'état gazeux originaire cesse de persister. On sait que notre astre central, résidu de la nébuleuse initiale, doit être considéré, depuis les beaux travaux de M. Faye, comme une énorme bulle gazeuse de composition très complexe et dont l'état d'agitation constant est révélé à notre vue par la formation des protubérances. Plongé dans l'infinité glacée du milieu stellaire, il s'y trouve soumis sans relâche à un refroidissement sensible, surtout à la périphérie, et que des effluves chauds, venus des profondeurs, tendent constamment, mais infructueusement, à contre-balancer. C'est ainsi qu'il arrive un moment où la température de la portion la plus externe s'est assez abaissée pour que les phénomènes de la dissociation initiale ne s'y produisent plus : les éléments chimiques, jusque-là maintenus séparés, se groupent entre eux et donnent naissance à des composés définis.

Un nouveau progrès du refroidissement permet à ces composés de se concréter en une sorte de poussière dont la formation est signalée, grâce à son pouvoir rayonnant, par une exaltation de l'éclat solaire. Les courants centrifuges existent néanmoins toujours, et c'est à l'action réchauffante, exercée par eux au point de leur émergence, que doit être rattachée l'apparition des taches et des protubérances qui en sont l'annexe obligée.

Nous sommes parfaitement renseignés quant à la composition chimique de la matière photosphérique et de la matière protubérantielle du Soleil, et nous savons que le magnésium, le fer, l'hydrogène, la vapeur d'eau s'y trouvent en abondance. Mais au point de vue physique, on peut se demander si la poussière solaire est liquide ou solide, et l'on sait que le spectroscope est à cet égard impuissant à fournir une réponse.

C'est ici que les météorites interviennent d'une manière décisive. Nous pouvons, en effet, reconnaître à deux caractères les roches qui, parmi elles, correspondent à l'époque où le Soleil est actuellement parvenu :

1° A leur nature magnésienne qui, conformément aux remarques développées

par M. A. Cornu[1], donnerait à leur vapeur le même caractère spectral qu'aux gaz protubérantiels;

2° A l'absence dans leur masse de toute trace de phénomènes géologiques secondaires, tels que concassement, charriage, éruption, épigénie ou métamorphisme.

Le type de ces météorites, vraiment dignes de la qualification de primitives, est fourni par les espèces lithologiques appelées depuis longtemps *lucéite* et *aumalite*.

Or, l'examen de ces roches, empreintes dès maintenant d'un genre tout nouveau d'intérêt, permet de reconnaître, d'après les détails de leur structure, si elles dérivent de masses fondues, solidifiées plus ou moins lentement ou, au contraire, de substances amenées brusquement de l'état gazeux à la forme solide.

Sans entrer ici dans le détail d'une foule d'observations concordantes, nous dirons, pour y revenir plus loin, qu'on est en possession de la preuve, désormais inattaquable, que les météorites qui nous occupent n'ont jamais passé par l'état de fusion.

Il faut insister plus loin sur ce fait qui change les idées adoptées jusqu'ici et qui a imposé, comme on l'a vu, au point de vue synthétique, un mode opératoire tout nouveau, puisque le but qu'il fallait essayer d'atteindre consiste à obtenir par voie de condensation brusque de vapeurs convenables des composés définis et cristallisés, semblables aux minéraux des météorites.

Après avoir décrit nos résultats relatifs, les uns aux éléments lithoïdes, les autres aux substances métalliques, il faut maintenant préciser leurs significations.

Or, partant du principe, si magistralement démontré aujourd'hui, de l'unité de constitution du système polaire et appliquant les données fournies par l'évolution sidérale, je crois avoir prouvé que la date de formation de ces météorites, dont les types lithologiques principaux sont l'aumalite, la lucéite et la montréjite, correspond à l'époque remarquable où l'état solide s'est constitué pour la première fois à la surface de l'astre dont elles ont fait partie, c'est-à-dire à une stase comparable à celle que le Soleil traverse en ce moment.

L'un des arguments les plus décisifs à l'appui de cette manière de voir consiste dans la synthèse des météorites dont il s'agit à l'aide de matériaux identiques à ceux dont l'analyse spectrale a révélé la présence dans l'atmosphère solaire. En faisant en quelque sorte une imitation artificielle de la photosphère pour en provoquer la condensation, j'ai obtenu les composés essentiels caractéristiques, pyroxène magnésien, péridot et fer nickelé de ces météorites. Résultat qui paraît nous autoriser à considérer les poussières irradiantes de la photosphère comme minéralogiquement comparables aux météorites primitives.

La lumière dont s'éclairent ainsi réciproquement l'étude du Soleil et l'histoire des météorites, engageait à serrer de plus près ce chapitre de géologie comparée.

Tout d'abord on remarque que si les météorites primitives se sont réellement formées dans un milieu comparable à la photosphère du Soleil, on doit espérer de trouver dans leur constitution intime des indices et comme des vestiges fossiles du régime mécanique auquel la photographie de l'astre météoritique a été soumise.

1. A. Cornu : *Comptes rendus*, t. LXXVI, p. 101.

Un pareil résultat serait réellement un contrôle matériel des vues si grandioses émises récemment par M. Faye quant à l'économie de la photosphère du Soleil, et par contre, si un pareil contrôle se présentait, il pourrait servir de confirmation à la théorie relative à l'origine des météorites mêmes.

En d'autres termes si, conformément à mon opinion, les météorites des types lucéite, aumalite, montréjite, etc., sont des produits de la concrétion pure et simple de l'atmosphère photosphérique d'un astre construit sur le même plan que le Soleil, elles ont dû conserver, au moins dans certains cas, des détails de structure tenant précisément au régime cyclonique des masses au sein desquelles elles se sont formées.

Or, parmi les caractères intimes de constitution des roches dont il s'agit, il en est un qui a fixé vivement l'attention des observateurs, et qui consiste dans la présence dans leur substance des globules pierreux qui nous ont déjà occupés, désignés généralement, depuis G. Rose (1862), sous le nom de *chondres*, d'ailleurs assez défectueux et étendu progressivement à des grains qui sont loin d'avoir tous les mêmes caractères et par conséquent la même origine.

En présence des résultats exposés dans le chapitre précédent, il paraît difficile de ne pas admettre que les chondres sont aux roches de précipitation gazeuse, ce que les dragées de Carlsbad et le fer en grains sont aux roches de précipitation aqueuse. Ces globules témoignent dans le milieu générateur des remous dont l'intensité était nécessairement en rapport direct avec le volume que ces chondres ont pu atteindre. Conformément à la terminologie dont font usage les paléontologistes à propos du *vent fossile*, du *soleil fossile*, de la *pluie fossile*, on serait de tenté de les qualifier de *cyclones phostosphériques fossiles*.

En second lieu, avant d'appliquer à l'histoire de toutes les sporadosidères les résultats d'expérience exposés plus haut, il fallait lever une difficulté très considérable, au moins en apparence.

Je montrerai, en effet, que si un fragment d'aumalite, ou de lucéite, ou d'aiglite, etc., est porté, même pendant peu de temps, à la température rouge, il subit une transformation métamorphique, devient noir et prend tous les caractères de la tadjérite. Il résulte de là que, soumise à l'expérience qui permet d'imiter les syssidères concrétionnées, toute météorite grise se transformera, et par conséquent ce n'est pas ainsi que l'aumalite, la lucéite, etc., se sont chargées des grenailles métalliques qui les remplissent.

Il fallait donc voir si l'on pourrait laisser la température de l'expérience sans cesser de déterminer la réduction des métaux. Or, j'ai constaté, par des essais faits successivement à des degrés thermométriques de moins en moins élevés, que bien avant le rouge la réduction est très abondante. Le tube de porcelaine étant placé dans un bain de sable, on a obtenu le fer métallique en même temps qu'un petit fragment de lucéite se maintenait avec sa couleur blanche primitive. A 400 degres, l'expérience marche très nettement et il ne faudrait évidemment que du temps pour obtenir un résultat complet. A 300 degrés, et même au-dessous, le protochlorure de fer traité par l'hydrogène dans un bain d'huile dégage beaucoup d'acide chlorhydrique. Le résidu abandonne ensuite à l'aimant des grains magnétiques, mais je ne suis pas absolument sûr que le métal soit libre. En tous cas, il serait enveloppé de ces sous-ce] a torufidso s pi ntml ohertnruidnol aé récède l'isolement du fer et

qui en masqueraient les propriétés caractéristiques. Je n'ai pas poursuivi l'étude de ce résultat, parce qu'il n'est pas nécessaire de supposer une température aussi basse dans les points du milieu météoritique où les sporadosidères se sont constituées.

LES MÉTÉORITES PÉPÉRINIFORMES.

LA MESMINITE.

En examinant avec soin la météorite tombée le 30 mai 1866 à Saint-Mesmin, dans le département de l'Aube, on reconnaît qu'elle constitue une véritable brèche composée de fragments anguleux cimentés ensemble; non de fragments tous semblables entre eux comme il arrive dans les roches monogéniques, mais de ceux de deux roches parfaitement distinctes : l'une blanche et de structure trachytique, qui est la lucéite; l'autre plus sombre et çà et là globulaire, qui est la limerickite.

D'après le raisonnement évident que l'on fait tous les jours à l'égard des brèches terrestres, il résulte de cette structure complexe que la roche de Saint-Mesmin provient d'un gisement où existaient séparément la lucéite et la limerickite. Voici donc trois roches (lucéite, limerickite et mesminite), dont nous pouvons dire en toute assurance qu'elles ont été quelque part en relations stratigraphiques.

Nous savons en outre *ipso facto* que dans ce gisement commun s'exerçaient les actions complexes que nécessite la production des brèches, savoir : le concassement de roches préexistantes, le transport des fragments, enfin leurs cimentations. Ces actions géologiques variées supposent elles-mêmes une foule de conditions que nous serons bien mieux tout à l'heure en mesure de préciser.

LA CANELLITE.

Les résultats donnés par la pierre de Saint-Mesmin sont confirmés par un grand nombre d'autres. Aussi la météorite tombée le 30 novembre 1866 à Cangas de Onis, en Espagne, fort analogue à celle de l'Aube, est, comme celle-ci, une brèche dont un des éléments est la limerickite; mais les fragments blancs ne sont plus ici de la lucéite; leur structure oolithique en fait de la montréjite. Appliquant à cette nouvelle roche appelée *canellite* (parce que la chute de Canellas est une de celles qui l'ont fournie) le raisonnement de tout à l'heure, nous concluons que les trois types : montréjite, limerickite, canellite dérivent d'un même gisement.

La limerickite se retrouvant dans les deux brèches, on peut penser que la canellite et la mesminite ont été elles-mêmes en relation, ce qui porterait à cinq le nombre des types géologiquement réunis.

LA PARNALLITE.

On a vu antérieurement que la *Parnallite*, qui tire son nom de la chute observée le 28 février 1857 à Parnallee, dans les Indes anglaises, offre une structure qui ne peut être comparée qu'à celle de nos grès à grains fins. Les grains dont se compose ce conglomérat d'origine céleste sont exactement de petits cailloux, souvent anguleux, parfois plus ou moins arrondis et offrant dans tous les cas les caractères de fragments

arrachés à des masses plus volumineuses. Certains d'entre eux sont brisés et ressoudés, comme on l'observe si souvent dans les grès des Vosges, par exemple.

La roche de Parnallee est donc une *brèche*, et par conséquent elle donne lieu, au point de vue de la Géologie comparée, aux mêmes considérations que les brèches de Saint-Mesmin et de Canellas qui nous occupaient tout à l'heure. Mais c'est une brèche beaucoup plus complexe, et l'on ne saurait mieux la comparer qu'à nos pépérinos. De même que, dans ceux-ci, on peut souvent recueillir à l'état de fragments toute la nombreuse collection de nos roches volcaniques; de même, dans le pépérino céleste de Parnallee, on trouve des débris de types météoritiques très variés[1].

L'étude des quatre échantillons de la météorite de Parnallee conservés au Muséum m'a fourni, en effet, au moins douze espèces distinctes de grains parfaitement caractérisés[2]. Nous allons dire un mot de chacune d'elles.

Cinq sont plutôt des minéraux proprement dits que des roches; ce sont : 1° de la troïlite en fragments parfois très volumineux et souvent arrondis; du fer nickelé s'est quelquefois déposé à la surface de ces fragments, et cela manifestement après la formation du conglomérat; 2° du *fer nickelé*, non seulement en grains tuberculeux comme dans la plupart des météorites (forme sous laquelle il paraît s'être concrété dans la roche après la formation de celle-ci), mais en fragments souvent très anguleux; ces fragments, dont la composition diffère de celle des grains tuberculeux, dérivent probablement de quelque type de fer météorique dont ils sont les débris; 3° du *péridot*, vert grisâtre translucide, paraissant roulé et remarquable par l'éclat que lui donne l'opération du polissage; 4° du *fer chromé* enveloppé d'une matière pierreuse blanchâtre; 5° enfin un minéral dont l'aspect est très analogue à celui de l'*hypersthène* ou de l'*amphibole;* il est gris, très lamellaire, d'un éclat perlé, et paraît provenir, par clivage, de cristaux volumineux; les acides sont sans action sur lui et il fond difficilement en émail gris.

Les sept autres espèces de grains sont franchement des roches. Nous les divisons en deux groupes: l'un comprenant celles dans lesquelles nous avons reconnu des types lithologiques constituant des météorites distinctes; l'autre comprenant celles dans lesquelles nous n'avons pas reconnu de tels types.

Ce dernier groupe renferme trois roches, savoir : 6° une roche grise, scoriacée, sans grenailles métalliques, roche extrêmement remarquable en ce qu'elle semble révéler des actions qui ne seraient pas sans analogues avec celles dont certains fragments empâtés dans nos roches volcaniques portent l'empreinte; 7° une roche d'un gris foncé, contenant de petites grenailles métalliques; 8° enfin une roche gris clair, légèrement ocracée, qui n'est peut-être qu'un produit d'altération d'une autre espèce. Il se peut que ces trois sortes de grains représentent des types météoritiques qui tomberont un jour à l'état de masses monogéniques. Du moins est-on naturellement conduit à cette opinion par l'examen des quatre dernières espèces de fragments dont il reste à parler et qui constituent le premier des deux groupes que nous venons de distinguer. Leur étude, aussi complète que le permet leur petitesse, montre en effet que ces fragments sont identiques avec les types météoritiques déjà connus.

1. Certains cailloux sont eux-mêmes bréchoïdes : exemple les échantillons de la parnallite de la chute de Mezo-Madaras (Transylvanie).

2. Étude lithologique de la météorite de Parnallee, *Comptes rendus*, LXXIII, p. 346.

Ce sont 9° une roche blanche grenue renfermant des grenailles de fer nickelé et de troïlite et qu'il est facile de reconnaître au premier coup d'œil pour de la lucéite ; l'examen microscopique de la poussière, l'action du chalumeau, de l'aiguille aimantée et les acides confirment cette identité ; 10° une roche d'un blanc de plâtre, contenant de tout petits grains noirs ; elle est absolument insoluble dans les acides et fond très difficilement au chalumeau en un émail blanc ; l'étude microscopique conduit à y reconnaître de la chladnite ; 11° une roche parfaitement noire contenant des grenailles de fer nickelé et de sulfure et remarquable par sa grande dureté ; malgré la petitesse des grains qu'elle constitue, on arrive à constater son identité avec la tadjérite ; 12° enfin une roche d'un gris verdâtre, friable, grenue, très cristalline, sans trace de grenailles métalliques, mais contenant d'assez nombreux petits grains noirs de fer chromé : elle résiste au chalumeau, mais est aisément attaquée par l'acide chlorhydrique, et la solution renferme beaucoup de magnésie ; en un mot elle ne se distingue pas du type lithologique désigné par Gustave Rose sous le nom de chassignite.

La conséquence à tirer de ces faits ne paraît pas douteuse. Puisque la présence simultanée dans le *nagelfluhe* du Righi de toutes les roches des Alpes démontre, sans autre preuve, la relation de position de ces roches, — la réunion dans le conglomérat polygénique de Parnallee de fragments appartenant à sept types au moins de roches météoritiques distinctes prouve la coexistence de ces types dans le gisement d'où provient la météorite indienne. Sous ce rapport la parnallite est le plus remarquable des types météoritiques connus ; nul autre n'a encore autant prouvé. Ce qui ajoute à l'intérêt de cette roche, c'est qu'elle donne, comme on l'a vu, la première et jusqu'ici la seule indication de plusieurs types qui ne sont pas encore parvenus sur la Terre, qui du moins n'y ont pas été signalés et qui pourront nous arriver un jour ou l'autre. C'est la preuve assez peu nécessaire que les types connus ne comprennent pas tous les types existants, soit que la lacune provienne d'une étude incomplète, soit qu'elle résulte de l'insuffisance actuelle de documents.

Quoi qu'il en soit, la pierre de Parnallee nous révèle les relations stratigraphiques de huit types géologiques. Nous avions déjà constaté celles de cinq autres types. Nous verrons que ces groupes, l'un de cinq, l'autre de huit types, ont été en relation ensemble. (*Cours de Géologie comparée*, p. 151.)

LA BANJITE.

Appliquant à la météorite de Soko-Banja qui présente, comme on l'a vu, la structure des *trass* (fig. 97), une méthode dont on a déjà eu l'occasion d'apprécier la fécondité, j'ai comparé séparément les divers éléments lithologiques qui plus haut y ont été signalés à des types de roches cosmiques antérieurement définis.

Pour ce qui concerne les galets, la conclusion de mes études est que la roche dont ils sont formés appartient au même type que les météorites d'Ensisheim, d'Erxleben, de Kernouve, etc. : c'est l'erxlébénite.

Quant à la masse bréchoïde générale, elle ne saurait être distinguée à un point de vue quelconque de la montréjite dont les météorites de Pégu, de Montréjeau et de Searsmont, entre autres, ont donné des échantillons.

Enfin, il est possible que la chute de Soko-Banja ne soit pas la première qui nous

fournisse la brèche qui vient d'être étudiée. Provisoirement, et jusqu'à vérification plus complète, elle paraît se rapprocher beaucoup de la roche tombée à Manbhoom (Indes) le 22 décembre 1863.



Fig. 97. — Trass des bords du Rhin, dont la structure est la même que celle de la météorite de Soko-Banja.

Les deux roches associées dans la roche de Soko-Banja ne diffèrent pas beaucoup l'une de l'autre au point de vue purement chimique et même en ce qui concerne la composition minéralogique. Mais il en est tout autrement pour ce qui a trait à leur histoire géologique. On n'a pas de raison pour ne pas voir dans l'erxlébénite une roche primitive, résultant de la concrétion de matériaux précédemment tenus en vapeur. Au contraire, la montréjite est manifestement un produit de trituration de roches plus anciennes dont les débris ont été frottés, et ce n'est pas autrement que se sont associés les fragments qui composent le trass cité plus haut à dessein.

La différence profonde qui existe entre l'erxlébénite et la montréjite est du même ordre que celle qui sépare le quartz du filon du grès quartzeux.

La forme des galets d'erxlébénite et celle des fragments de pyrrhotine montre que ces deux substances ont été arrachées à des gisements plus ou moins éloignés et charriées jusque dans le conglomérat où nous les retrouvons aujourd'hui.

Pour les galets, on peut pousser leur histoire géologique plus loin encore. Les fissures qui les traversent et qu'on ne retrouve pas dans les pierres d'Ensisheim, de Kernouve, etc., montrent qu'ils ont subi des actions mécaniques très puissantes, telles que de fortes pressions. Ces actions sont évidemment antérieures à la production de la brèche de Soko-Banja, car les fissures ne se prolongent nulle part

dans la montréjite juxtaposée. C'est à elles qu'il est légitime de rapporter la fragmentation même de l'erxlébénite.

Après la constitution définitive de la brèche de Soko-Banja, cette roche a été soumise à l'action d'émanations dont le produit a été la concrétion de fer nickelé qui s'est logé dans certaines fissures de l'erxlébénite et dans les interstices des éléments de la montréjite.

Nous ne pouvons, dès maintenant, aller plus loin dans la détermination des vicissitudes géologiques de cette roche cosmique, mais ce qui précède montre une fois de plus l'analogie de la géologie des météorites avec la géologie terrestre.

LES MÉTÉORITES VOLCANIQUES.

Parmi les types lithologiques décrits dans un précédent chapitre, il en est plusieurs qu'on est autorisé à considérer comme représentant des roches volcaniques extra-terrestres.

L'EUKRITE.

En première ligne, figure l'eukrite, dont certains échantillons sont rigoureusement comparables et à tous égards à des laves terrestres. On en jugera pour ce qui concerne la composition chimique de l'eukrite de Stannern, analysée par Rammelsberg[1], si nous la rapprochons de la composition de la lave du volcan islandais Thjorza faite par M. Gent[2].

	Météorites de Stannern.	Lave de la Thjorza.
Silice	48,30	49,60
Alumine	12,65	16,89
Protoxyde de fer	19,32	11,92
Protoxyde de cobalt	»	traces
Protoxyde de manganèse	0,81	»
Magnésie	6,87	7,56
Chaux	11,27	13,07
Soude	0,62	1,24
Potasse	0,26	0,20
Fer chromé	0,54	»
Sulfure de fer	traces	»

On trouve souvent des différences bien plus considérables entre deux échantillons d'une même roche terrestre.

LA CHASSIGNITE.

Le péridot terrestre est de même identique avec la météorite de Chassigny.

Il existe même, à la Nouvelle-Zélande, ainsi que M. Hochstetter l'a reconnu pendant le voyage scientifique de la frégate autrichienne *la Novara*, une roche à

1. *Poggendorf's Annalen*, t. LXXXVIII, p. 591.
2. *Annalen der Chemie und Pharmacie*, t. LXVII, p. 13.

laquelle il a donné le nom de *dunite* et qui consiste, comme la pierre de Chassigny, en péridot mêlé de petits grains de fer chromé. J'ai constaté moi-même que les basaltes de l'île Bourbon, de l'Auvergne et de beaucoup d'autres régions consistent également en dunite[1].

L'IGASTITE.

En troisième lieu, l'igastite se présente avec les caractères mêmes de nos ponces quartzifères. Nous ne pouvons pas raisonnablement admettre sa formation naturelle ailleurs que dans des milieux anologues aux laboratoires de nos volcans. Si cette roche est réellement météorique, comme l'atteste entre autres M. le professeur Grewink, elle témoigne de l'existence de volcans extra-terrestres, et à ce titre présente un très vif intérêt.

Ajoutons à l'avoir des météorites volcaniques que beaucoup de pépériniformes paraissaient supposer l'exercice d'action comparable à celles dont nos montagnes ignivomes sont le théâtre[2].

LES MÉTÉORITES ÉRUPTIVES.

LA DÉESITE.

Le fer de Deesa, dont j'ai donné d'une manière aussi complète qu'il m'a été possible la composition chimique puis la composition minéralogique, diffère profondément de toutes les roches extra-terrestres que j'ai eu l'occasion d'étudier et je puis ajouter de toutes celles qui existent actuellement dans la riche collection du Muséum d'histoire naturelle, à l'exception du fer d'Hemalga, classé dans le même type lithologique.

Par quelques caractères il se rapproche de la météorite de Toula, Netchaevo (Russie), mais il présente avec elle des différences très notables sur lesquelles il n'y a pas lieu d'insister ici.

Seule, la déesite possède la structure bréchiforme qui a été décrite plus haut, et la coexistence d'un état si nettement cristallin de sa partie pierreuse avec une structure si confuse de sa matière métallique.

Cependant l'étrangeté de la masse qui nous occupe disparaît si, au lieu de la comparer en bloc aux autres météorites, on rapproche successivement de celles-ci sa partie métallique puis sa partie pierreuse. Alors on observe en effet non seulement des analogies, mais même des identités qui me paraissent extrêmement instructives.

Comparaison de la partie métallique avec les fers météoriques. — Sous le rapport de la composition chimique, la partie métallique du fer de Deesa se rapproche de plusieurs fers météoriques et spécialement de celui que Brard a découvert à Caille, dans le midi de la France, en 1828.

1. *Comptes rendus* du 25 mars 1872.
2. Voyez à cette occasion un travail de M. Tschermak intitulé *Der Bildung der Meteoriten und der Vulcanismus.*

On appréciera cette ressemblance par le tableau suivant, qui contient, dans la première colonne, les résultats obtenus par M. Domeyko dans l'analyse du fer de Deesa, résultats que nous avons déjà rapportés, et dans la seconde colonne les chiffres auxquels Rivot a été conduit dans l'analyse du fer de Caille :

	Fer de Deesa Par Domeyko	Fer de Caille Par Rivot
Fer	91,4	92,3
Nickel	8,6	6,2
	100,0	98,5

D'après mes mesures, la densité de la portion métallique de la météorite chilienne est égale à 7,510; le fer de Caille pèse, suivant M. Rivot, 7,428, et d'après M. Rumler, 7,642.

Comme on voit, sous le rapport chimique et sous le rapport physique, il paraît exister entre les deux masses une très grande analogie.

Toutefois, elles diffèrent beaucoup l'une de l'autre sous le rapport minéralogique.

Le fer de Caille se compose très nettement de kamacite et de tænite mélangées, à raison de 4 parties environ du premier de ces alliages pour 1 du second.

Au contraire, le fer de Deesa, comme le montrent les expériences d'irisation que j'ai décrites plus haut, paraît ne renfermer qu'un seul alliage dont la composition est très voisine de celle de la kamacite.

Eh bien, cette différence me paraît indiquer que ce n'est pas au fer ordinaire et naturel de Caille qu'il faut comparer le fer de Deesa, mais au fer de Caille *préalablement fondu*, puis abandonné au refroidissement. Que l'on fasse en effet cette comparaison, on verra la plus complète identité de structure.

Dans le fer artificiellement fondu, on ne voit plus, les baguettes de tænite; elles sont pour ainsi dire *noyées* dans la masse générale du fer dont la composition totale est sensiblement celle de la kamacite prise à part.

On se rend compte de ce fait en constatant, comme je l'ai fait remarquer ailleurs, que le fer de Caille renfermant à peu près 4 parties de kamacite pour 1 de tænite, sa formule brute est :

$$(Fe^{14}Ni) + Fe^{6}Ni = Fe^{62}Ni^{5},$$

qui exige :

Fer	91,4
Nickel	8,6
	100,0

nombres très voisins de ceux qui satisfont à la formule de la kamacite.

De sorte que, en résumé, il me paraît évident que le fer de Deesa n'est autre chose que du fer analogue à celui de Caille, mais qui a subi, postérieurement à sa formation, l'action d'une température suffisante pour l'amener à l'état de fusion plus ou moins visqueuse.

Comparaison de la partie pierreuse avec les pierres météoriques. — La cou-

leur noire que présentent les fragments pierreux de la météorite restreint beaucoup le nombre des météorites auxquelles nous pouvons les comparer.

En effet, les météorites noires sont très rares et un seul type, au moins dans la collection du Muséum, offre des caractères analogues à ceux de la pierre de Deesa. C'est le type tadjérite où figure surtout la météorite tombée le 9 juin 1867, aux environs de Tadjera, près de Guidjell, arrondissement de Sétif, en Algérie, et que j'ai eu l'occasion d'analyser [1].

Même, cette analogie extérieure fait place, par une étude plus attentive, à une complète identité au triple point de vue des propriétés physiques, de la composition chimique et de la composition minéralogique. C'est ce que je vais montrer.

La couleur des deux masses est exactement la même et il en est encore ainsi de la distribution dans leur substance des grenailles de fer et des grains de troïlite : il est impossible de distinguer les échantillons de ces deux pierres, surtout s'ils ont été polis.

Leur dureté est la même : une pointe d'acier ne les entame point et toutes deux rayent le verre.

La densité de la pierre de Deesa est, comme je l'ai dit, égale à 3,589 ; la pierre de Sétif pèse 3,595.

Ces deux masses sont également difficiles à fondre au chalumeau, qui donne dans les deux cas, sur les bords très minces, un émail grisâtre.

Elles sont partiellement attaquables dans les acides. La pierre de Deesa a donné 58,45 pour 100 de matière attaquable et 41,55 de matière inattaquable. La météorite de Sétif a donné 71,20 pour 100 de substance décomposable par l'acide chlorhydrique et 28,80 de substance indécomposable. Ces résultats ne sont pas identiques, mais on sait qu'ils varieraient avec la même météorite suivant le point analysé.

Une conformité plus grande se montrera si nous comparons successivement la composition des parties attaquables et inattaquables dans les deux masses.

Voici d'abord ce qui concerne les matières attaquables :

	Météorite de Deesa.	Météorite de Sétif.
	—	—
Silice	31,14	34,80
Magnésie	29,89	32,92
Protoxyde de fer	9,53	8,69
Soude	traces	traces
Alumine	traces	0,62
Pyrrhotine	21,08	11,34
Fer nickelé	8,36	11,72
	100,00	100,00

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXVI, p. 513. — Voyez aussi le *Cosmos* du 28 mars 1868.

Voici maintenant la même comparaison pour les parties inattaquables :

	Météorite de Deesa.		Météorite de Sétif.
	—		—
Silice	49,98		50,20
Magnésie	23,31		8,93
Protoxyde de fer	16,79		27,97
Chaux	3,48		9,25
Soude	traces	(et potasse)	traces
Alumine	5,45		4,14
Sesquioxyde de fer	0,98		»
Sesquioxyde de chrome	traces		0,41
Phosphore, carbone	traces		traces
	100,00		100,00

Enfin, je crois très instructif de mettre en regard la composition totale de ces deux pierres :

	Météorite de Deesa.	Météorite de Sétif.
	—	—
Silice	39,45	39,20
Magnésie	27,59	25,68
Protoxyde de fer	12,70	14,18
Chaux	1,45	2,66
Soude	»	»
Potasse	»	»
Sesquioxyde de fer	0,41	»
Sesquioxyde de chrome	»	0,12
Alumine	2,27	1,64
Fer nickelé	12,62	8,52
Pyrrhotine	5,01	8,04
Phosphore, carbone	traces	»
	101,48	99,84

Pour ce qui est de la composition minéralogique, la ressemblance se soutient complètement entre les deux masses : chez l'une comme chez l'autre, on rencontre des minéraux pyroxéniques mélangés à du péridot, à du fer nickelé, à de la pyrrhotine, à des traces de fer chromé, etc.

L'examen microscopique montre que ces minéraux sont disposés de la même façon et appartiennent aux mêmes variétés.

J'ai, par exemple, fort bien reconnu dans la pierre de Sétif cette enstatite incolore, si nette (victorite), signalée dans la pierre de Deesa et qui a été décrite plus haut.

En résumé, il me paraît hors de doute que la *pierre* de Deesa est absolument identique à la pierre de Sétif.

En réfléchissant sur ces faits, on se sent invinciblement porté à admettre que le fer de Deesa est du fer de Caille qui, à l'état de fusion plus ou moins visqueuse et

dans des conditions qui seront précisées quand nous traiterons du *Métamorphisme météoritique*, a empâté des fragments de pierre de Sétif.

« S'il en est ainsi, disais-je dès 1869, c'est-à-dire à une époque où la géologie des météorites n'était pas encore constituée, voici comment le fer de Deesa a dû se produire :

« A l'origine, la roche dont la météorite de Sétif est un échantillon formait une couche au-dessus de celle qui est représentée par le fer de Caille et dont elle pouvait d'ailleurs être séparée par de nombreux intermédiaires.

« A un certain moment, la roche de Caille a été *injectée* à l'état de fusion au travers de la roche de Sétif, qui lui était superposée exactement, comme nous voyons sur la terre le porphyre être injecté dans le granit. Il en est résulté un *filon* dont la substance, modifiée dans sa structure par le fait de sa fusion, a empâté, sans les altérer, des fragments de la roche encaissante.

« Le fer de Deesa peut donc être considéré comme le premier représentant signalé jusqu'ici d'un *filon* ou *dyke extra-terrestre*. Son étude nous conduit à établir, pour la première fois, une chronologie géogénique entre des roches météoritiques : de dire que le fer de Caille est *géologiquement plus récent* que la pierre de Sétif.

« Ces divers faits permettent donc, comme on voit :

« 1° D'affirmer l'existence, non soupçonnée jusqu'à présent, de *roches météoritiques éruptives ;*

« 2° De constater des *relations stratigraphiques* entre des météorites de types très différents ;

« 3° Enfin, d'indiquer la possibilité d'une *chronologie géogénique* entre les divers types de météorites. »

On verra les modifications à introduire à cet égard dans le paragraphe relatif aux *météorites métamorphiques* (page 369.)

LES MÉTÉORITES FILONIENNES.

Les types de météorites dont le mode de formation paraît tout d'abord le plus difficile à expliquer sont ceux des masses constituées par un réseau métallique renfermant dans ses mailles des particules pierreuses plus ou moins volumineuses.

A cette catégorie appartiennent, comme on se le rappelle, le célèbre fer de Pallas, les masses recueillies à la surface du désert d'Atacama, celles de Brahin, de Lodran, etc.

Examinées au point de vue minéralogique, sur lequel nous n'aimons pas à revenir, ces météorites consistent généralement en matériaux de nature péridotique et pyroxénique, enveloppés de couches grossièrement concentriques d'alliages de fer et de nickel.

Examinées au point de vue géologique, elles présentent au plus haut degré les caractères de structure que l'on retrouve sur la terre chez maints produits concrétionnés.

La conclusion qu'il faut tirer de ces observations est que les météorites en question reconnaissent une origine vraiment filonienne. Les syssidères *concrétionnées* doivent

en conséquence être distinguées, quant à leur mode de formation, des syssidères *injectées* dont la brèche de Deesa nous a déjà fourni l'exemple le plus complet.

L'ATACAMAÏTE.

Une fois connue la composition du fer d'Atacama, il y a évidemment lieu de rechercher comment les fragments de dunite ont pu être amenés au sein de la masse métallique.

On arrive à répondre à cette question en examinant, comme nous l'avons fait déjà, une section polie du fer d'Atacama préalablement traitée par un acide, de façon à montrer les figures de Widmannstætten. L'échantillon 406, représenté page 148, est très instructif à cet égard.

A la vue des couches métalliques qui enveloppent les fragments pierreux et dont la nature minéralogique est en rapport si constant avec la situation relative dans l'ensemble de la masse, l'idée vient immédiatement que l'on se trouve en présence d'un de ces filons concrétionnés *en cocarde*, si fréquents, par exemple, dans les mines plombifères du Hartz (fig. 98).

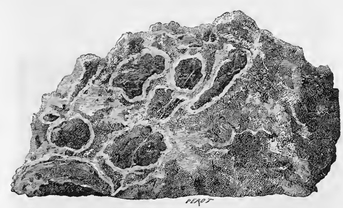


Fig. 98. — Échantillon de filon en cocarde du Hartz dont la structure est la même que celle de la Pallasite. Grandeur naturelle.

Sous le signe Δ. 64. 16, on conserve entre beaucoup d'autres, au Muséum, une brèche de ce genre, et la comparaison de sa structure avec celle du fer d'Atacama est pleine d'enseignement.

Les fragments pierreux, formés d'une gangue schisteuse, ont les mêmes dimensions, les mêmes formes et les mêmes distances relatives que les débris de dunite renfermés dans la météorite. Autour d'eux se voit d'abord un dépôt de quartz hyalin blanc formant une couche d'épaisseur très variable, mais qui paraît ne jamais faire défaut, absolument comme le fer homogène, cité dans la brèche cosmique. Puis sur le quartz se montre la galène qui tient rigoureusement la place du fer à tænite.

Plus l'on compare ces deux échantillons de provenance mutuellement si distantes, plus il est difficile de ne pas voir en eux les résultats d'actions identiques exercées seulement sur des matières diverses et sans doute aussi par des agents différents.

Mais, l'ordre de faits vraiment décisifs à cet égard concerne la reproduction artificielle déjà décrite que j'ai pu réaliser d'une manière complète de la roche complexe dont l'étude nous occupe.

LA BRAHINITE.

Ce qui a été dit plus haut au sujet du fer d'Atacama, dispense de montrer comment il est impossible, en présence de cette structure si particulière, de ne pas attribuer de même la formation du fer de Brahin à l'exercice de l'action filonienne dans une faille incomplètement remplie par les fragments pierreux.

Mais il resterait, au point de vue de la stratigraphie météoritique, à déterminer d'où provient la matière olivinoïde de la masse de Brahin, et je dois m'empresser de dire que je n'ai connaissance d'aucune masse d'origine cosmique qui en soit entièrement formée, remplissant par conséquent vis-à-vis du fer de Brahin le rôle que joue la pierre de Chassigny par rapport à la masse d'Atacama.

L'idée vient que ce pourrait être à la rigueur un minéral filonien lui-même et concassé de façon à être devenu le centre de concrétions métalliques postérieures. On voit entre autres des exemples terrestres de cette disposition dans les *fragments irréguliers* de barytine bien cristallin englobés à l'intérieur de certains



Fig. 99. — Barytine cristallisée fragmentaire empâtée dans un filon de galène de Servoz (Haute-Savoie), comparable à l'olivine fragmentaire de la syssidère de Brahin. Grandeur naturelle.

filons de galène (fig. 99). Mais jusqu'ici aucun fait ne vient directement confirmer cette supposition.

Il convient de remarquer que cette même olivine se retrouve avec des caractères tout à fait identiques dans des météorites cependant fort différentes. Je veux parler

de celles qui sont formées de la roche appelée *logronite* et parmi lesquelles il faut surtout citer la pierre tombée en Espagne à Logrono, le 4 juillet 1842, ainsi que les célèbres masses recueillies en 1863 dans la Sierra de Chaco, au Chili. L'identité dont il s'agit est surtout visible sur l'échantillon 2 Q 289 de la Sierra de Chaco, que le Muséum doit à l'École des mines de Paris, et qui est poli. On y observe, au milieu d'une masse pierreuse très riche en fer, d'une part, de grosses grenailles extrêmement arrondies de fer nickelé et, d'autre part, des grains tout à fait irréguliers et arrondis eux-mêmes d'un minéral péridotique, qu'on ne saurait distinguer sous aucun rapport de celui que contient le fer de Brahin. Pour le



Fig. 100. — Brèche polygénique de Montgaillard dans les Pyrénées, renfermant des fragments de granit (3), de phyllade (2), de calcaire (5), de talcshite (4) (6), de diorite (1), etc., dont la structure est comparable à celle des diverses météorites. Grandeur naturelle.

moment je me borne à constater l'identité des grains péridotiques de Brahin avec les gros grains faisant partie de la roche de la Sierra de Chaco.

Remarquons à cet égard combien, dans certains cas, la difficulté est grande de décider si une roche est ou n'est pas bréchoïde.

Par exemple, certaines arkoses de Saône-et-Loire et d'ailleurs seraient confondues avec les porphyres si l'on ne connaissait pas leur gisement. Beaucoup d'autres exemples de ce genre pourraient être cités, et il paraît intéressant de mentionner encore ici le suivant. Le signe 8 X 260 appartient, dans les collections du Muséum, à un échantillon provenant de Mont-Gaillard dans les Hautes-Pyrénées. C'est une roche anomale bréchoïde, coupant, en filons diversement orientés, une

masse d'argile bigarrée superposée au calcaire de la période crayeuse. Parmi les fragments anguleux qui concourent à la composition de cette brèche, on reconnaît le granit, la pegmatite, le leptynite, le talcschiste, le diorite, le calcaire compact et beaucoup d'autres roches qui demanderaient à être déterminées avec soin. Le ciment est calcaire, mais il admet en mélange une foule de grains provenant de roches empâtées et dont beaucoup sont cristallins. Ce sont des paillettes de mica, de petits grains de quartz, etc. Ils rendent par place le ciment absolument méconnaissable, et ils masquent souvent les limites respectives des fragments agglutinés. Si une pareille brèche, formée de fragments météoritiques, tombait un jour du ciel, il y a toute probabilité qu'on la prendrait longtemps pour une roche normale, et je pense que la méprise a été faite plusieurs fois.

LA PALLASITE.

De même que l'atacamaïte, la pallasite représente une roche filonienne[1], et comme elle aussi nous pouvons la comparer pour la structure et pour le mode de formation aux filons en cocardes des gisements terrestres. Nous n'aurions même guère qu'à répéter ce qui précédemment a été dit relativement à l'atacamaïte, si l'importance de la pyrrhotine dans la pallasite n'introduisait dans la question un point de vue très nouveau.

Or, il est évident que la manière d'être de celle-ci la signale comme ayant dû se constituer, au moins dans certaines parties, *avant* la concrétion du fer nickelé.

Comment expliquer autrement, dans l'échantillon étudié, l'existence d'un noyau de fer dont la section subcirculaire est noyée en pleine pyrrhotine et où les acides révèlent une structure parallèle à ce contour? Ce rognon qui est, comme on voit, l'exacte contre-partie des canons sulfurés des holosidères, est entouré comme eux d'une robe de graphite.

Si l'on admet avec nous que le fer nickelé s'est constitué après la concrétion de la pyrrothine, il en résulte, pour la température qui a présidé à l'opération, cette notion précise qu'elle était nécessairement inférieure à celle, d'ailleurs peu considérable, où fond le sulfure de fer. Or, nous savons que la production des fers nickelés par la réduction des chlorures sous l'influence de l'hydrogène se fait très bien à ce degré thermométrique.

C'est donc un argument de plus, et bien décisif, pour montrer que ces alliages ne se sont pas produits par voie de fusion.

Quant à l'origine de la pyrrhotine du fer de Pallas, et sans doute aussi de celles de plusieurs holosidères, elle paraît être expliquée par l'expérience qui permet d'obtenir ce composé en réduisant par l'hydrogène sulfuré un mélange de chlorure de fer et de chlorure de nickel.

On doit supposer que des fissures géologiques ayant été au préalable remplies de

1. Dans son Mémoire *Sur Pallas*, Chladni émet une opinion bien faite pour surprendre aujourd'hui : « L'intérieur de ces masses, dit-il, porte les marques les plus évidentes d'une fusion plus ou moins complète. *Cette fusion ne peut être due à aucun feu ordinaire*, soit naturel, soit artificiel ; car le fer malléable comme l'est celui de ces masses, n'est pas fusible à la température de ces feux, et si on le fond avec mélange de matières inflammables, il perd sa malléabilité et devient fragile comme du fer de fonte ordinaire. »

péridot concassé, le mélange des chlorures en vapeurs et l'acide sulfhydrique s'y sont dégagés comme ont fait des émanations analogues dans nos filons stannifères dont la pyrite magnétique est d'ailleurs un des minéraux habituels.

La température a dû baisser ensuite, vers le moment où l'hydrogène sulfuré a été remplacé par l'hydrogène et où, par conséquent, le dépôt de la pyrrhotine a fait place à la concrétion des alliages de fer et de nickel.

Cette histoire géologique du filon de Krasnojarsk, tout à fait analogue à celle des gîtes métallifères terrestres les plus anciens, est nettement différente de celle du fer également pyrrhotinifère de Sainte-Catherine, sur lequel nous allons revenir dans un moment.

Remarquons, en dernier lieu, que l'importance de la pyrrothine dans le fer de Pallas est une raison de plus pour séparer cette météorite des autres masses que Gustave Rose lui avait associées pour constituer son type *pallasite*, et qui en diffèrent également par la nature de leur partie lithoïde.

LA LOGRONITE.

Les divers éléments lithologiques de la logronite n'ont certainement pas une origine commune. Il serait absurde de supposer que la roche ait pu se former d'un seul jet, avec les caractères complexes qu'elle présente aujourd'hui. Il est évidemment indiqué de voir dans la masse actuelle une brèche dont le fer ramuleux constitue le ciment. Cette supposition si naturelle est confirmée par une foule de faits.

En première ligne doit être cité l'état de la substance métallique. Les grains allongés mentionnés plus haut offrent, par l'expérience de Widmannstætten, une structure tout à fait comparable à celle qui existe dans la partie métallique des brèches filoniennes d'Atacama et de Brahin, outre que, comme dans celles-ci, on observe que la substance métallique s'est introduite en filaments fort déliés, dans les fissures des cristaux empâtés.

Dans les grenailles, même les plus petites, deux alliages sont disposés de la manière la plus régulière d'après les formes mêmes de chaque grenaille. La kamacite est, en général, en contact avec les grains pierreux ou avec la zone noire qui les enveloppe. La tænite est en lamelles tantôt parallèles à la périphérie des grenailles, tantôt parallèles entre elles et orientées en travers de ces mêmes grenailles.

Les grosses grenailles arrondies ont souvent une structure un peu différente. A première vue, on remarque que les acides y dessinent des figures compliquées, en général très régulières et fort analogues à celles du fer de Caille. La composition totale, comme on l'a vu, en est d'ailleurs également très voisine. Au point de vue où nous sommes, la structure des grosses grenailles, déjà décrites, est fort instructive. Par certaines d'entre elles, en effet, les choses se présentent comme si ces grenailles étaient des fragments arrachés à des masses plus volumineuses amenées dans le conglomérat météoritique où le fer ramuleux les aurait empâtées en même temps que les fragments pierreux.

Indépendamment des conséquences qui se déduisent de l'état du fer dans la logronite, il faut remarquer que la présence simultanée dans cette roche de frag-

ments irréguliers de natures diverses, ne peut s'expliquer que par la conglomération de débris arrachés à des masses distinctes, ayant eu entre elles des rapports stratigraphiques. De plus, les notions relatives au métamorphisme météoritique permettent d'apprécier, au moins dans une certaine mesure, les actions qui se sont fait sentir sur ses fragments pierreux.

A cet égard, remarquons que la zone noire qui enveloppe beaucoup de ces débris n'est pas aussi simple qu'elle paraît à première vue, et elle n'est pas identique à elle-même dans toutes ses parties. Une étude très attentive m'a amené à y voir le résultat de deux réactions toutes différentes. D'abord, autour de certains grains pierreux elle est formée par la modification métamorphique des minéraux composant ces grains. Puis, autour de tous les grains, même de ceux qui présentent d'une manière plus ou moins complète le métamorphisme en question, elle est due sans aucun doute à un apport de substances dont l'arrivée est probablement contemporaine de la concrétion du fer et parmi lesquelles figurent le fer oxydulé et la pyrrhotine.

Ajoutons que la formation de la logronite a été manifestement accompagnée de pressions très considérables, car certains grains pierreux ont été brisés, puis leurs fragments un peu écartés les uns des autres ont été ressoudés par l'émanation métallique.

On peut enfin signaler l'analogie de structure que présente la logronite avec certaines masses terrestres, telles que le grès à cuivre et à argent natifs de Corocoro, en Bolivie [1].

Au point de vue lithologique, la logronite offre un intérêt tout spécial. Elle lie en effet, par les particularités de sa structure, les météorites purement clastiques aux brèches concrétionnées. En d'autres termes, on constate qu'elle est essentiellement bréchoïde, et sa portion métallique, comme le fer des météorites syssidères d'Atacama et de Brahin, présente les caractères d'une concrétion.

Il résulte de là que la composition lithologique de la logronite est beaucoup plus complexe que sa composition minéralogique, des fragments de roches diverses formées de minéraux analogues s'y trouvant mélangés. Dans son travail sur la logronite [2], Ch. Sainte-Claire Deville semble avoir prévu ce résultat, car il dit : « Peut-être l'analyse mécanique et microscopique donnerait-elle quelques notions plus précises sur la nature de cette masse lithoïde. »

En présence des divers caractères de composition et de structure, on voit que l'identité de la roche d'Estherville (voir page 170) est complète avec la logronite déjà décrite. Nous devons croire que la masse primitivement à l'état de débris, les uns pierreux, les autres métalliques, a été soumis à des émanations métallifères dont le produit sous forme de réseau fin a soudé ensemble les fragments jusque-là indépendants. Les vides si remarquables existant parfois entre les noyaux de fer et leur matière pierreuse sont reproduits artificiellement dans les expériences de cimentation métallique de la poussière de péridot, par un procédé que j'ai décrit antérieurement.

1. *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 1547, 2 décembre 1872.
2. *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 551.

LA LODRANITE.

Quand on examine au microscope une lame mince de la météorite de Lodran, on reconnaît manifestement que les minéraux silicatés ne sont point de petits cristaux, comme on pourrait le croire à la vue de la fine poussière hyaline produite par la désagrégation de la météorite, mais des fragments irréguliers présentent quelquefois, mais exceptionnellement, des facettes propres aux mesures goniométriques.

Au point de vue lithologique, cette observation a pour résultat de faire considérer la météorite de Lodran comme un véritable *grès* à ciment métallique.

Il s'en faut de beaucoup que les fragments lithoïdes soient ordinairement anguleux : dans un très grand nombre de points, ils sont au contraire fort arrondis, et le métal en suit le contour sans solution de continuité. On peut reconnaître qu'ils proviennent d'une roche antérieure où le péridot et la bronzite étaient normalement associés, car certains grains présentent ces deux minéraux intimement soudés entre eux.

La structure de la masse de Lodran, tout exceptionnelle qu'elle soit parmi les météorites, n'est cependant pas sans analogies en lithologie. Parmi les roches terrestres, plusieurs, telles que le grès cupro-argentifère de Coro-Coro en Bolivie et le grès galénifère de Commern, dans la Prusse rhénane, ont avec cette météorite une si intime ressemblance de structure qu'il ne paraît pas possible de leur supposer un mode de formation radicalement différent. Dans ces deux cas, évidemment, l'arrivée du ciment métallique a été postérieure à l'accumulation du sable, et il en résulte la première notion certaine de vrai *sable météoritique*. Si l'on suppose que celui-ci, au lieu d'être cimenté par le fer nickelé, fût resté libre, son arrivée dans l'atmosphère eût donné lieu à l'une de ces chutes de poussières fréquemment enregistrées à la suite de l'explosion de bolides. Quant au mode de formation de ce sable, il peut être attribué à des froissements de roches et ne suppose pas nécessairement l'intervention de l'eau.

Une fois le sable accumulé en certains points, il est devenu le siège de la concrétion métallique. C'est bien ainsi que les choses se sont passées à Coro-Coro et à Commern ; mais il est clair que la concrétion a pu se faire suivant des procédés fort différents dans ces localités distinctes. A Commern, le dépôt de galène est nettement filonien ; en Bolivie, il s'est peut-être développé des réactions électrochimiques. Dans le gisement originel de la météorite de Lodran, il y a eu certainement réduction des chlorures métalliques par l'hydrogène.

Ce qui le prouve d'une manière décisive, c'est la structure du fer qui cimente les grains où l'observation microscopique montre en quelques points la superposition de deux alliages d'aspect nettement différent et dont l'un encadre certains grains sableux d'une manière très exacte.

Comme on voit, il y a donc évidemment ici la trace de phénomènes analogues à ceux qui ont accompagné la formation des autres syssidères concrétionnées.

LES MÉTÉORITES ÉPIGÉNIQUES.

LA CATARINITE.

Si nous cherchons à nous faire une idée du mode de formation des fers de Sainte-Catherine, nous arrivons facilement à l'opinion qu'ils constituent de vraies brèches métalliques cimentées *après coup* par le sulfure. On peut même supposer que le sulfure a été produit aux dépens du fer lui-même par un agent convenable, et déjà nous avons insisté sur l'état corrodé des fragments métalliques de la brèche cosmique.

L'hydrogène sulfuré à haute température paraissant très propre à produire ces effets, c'est de cette façon que j'ai pensé à tenter une sorte de reproduction synthétique de la brèche de Sainte-Catherine.

Je dois ici tous mes remerciements à M. Albert Levallois, préparateur de chimie à l'Institut agronomique, qui, sur ma demande, a disposé et conduit l'expérience suivante de la manière la plus intelligente :

Des petits fragments de fonte ont été placés dans une cornue de terre et soumis pendant huit heures à l'action simultanée de la température rouge et d'un courant continu d'hydrogène sulfuré. Après refroidissement, les fragments de fonte étaient incrustés de pyrrhotine et plusieurs d'entre eux étaient même cimentés ensemble par cette substance. La formation du sulfure par corrosion du fer a été naturellement accompagnée de l'élimination du graphite et celui-ci, loin de se mêler irrégulièrement avec la pyrrhotine, s'est certainement placé entre le sulfure et le métal, comme dans la météorite, en même temps qu'à la surface de ce sulfure. Dans l'intervalle de deux fragments de fer complètement cimentés, le graphite n'existe qu'au contact du métal; celui qu'on devrait s'attendre à retrouver dans la région moyenne a été chassé vers la région supérieure (fig. 101). La structure



Fig. 101. — Imitation artificielle de la météorite de Sainte-Catherine : fragments de fonte traités par l'hydrogène sulfuré et cimentés ainsi par de la pyrrhotine. Grandeur naturelle.

est donc précisément celle des échantillons naturels. On remarque enfin que la cornue contient beaucoup de carbone et de sulfure entraînés par le gaz.

Il y a deux autres faits qui appuient et justifient le rapprochement de ce produit

artificiel de la brèche de Sainte-Catherine : le premier est relatif au peu de netteté des figures que la météorite donne sous l'action des acides. On sait que cet état *cacogrammique*, pour employer une expression de M. Shepard, est très ordinairement l'effet d'un échauffement subi par un fer primitivement normal, et l'on peut en conclure que la masse météoritique a été comme notre fonte soumise à une température élevée.

Le second fait que nous avons en vue est la présence de l'hydrogène occlus également dans la fonte provenant de l'expérience et dans le fer météorique, ainsi qu'on s'en assure aisément en en chauffant au rouge de petits fragments dans un simple tube manométrique.

D'après cet ensemble d'observations, on peut conclure que le fer de Sainte-Catherine a conservé la trace de quatre phénomènes distincts qui ont accompagné sa formation et qui se sont succédé dans l'ordre suivant :

1° Le fer métallique a été concassé et ses fragments se sont entassés de façon à laisser entre eux des vides plus ou moins considérables.

2° De l'hydrogène sulfuré, analogue à celui des volumes terrestres, s'est frayé passage dans les interstices de la masse métallique, sans doute portée à une haute température, et en a corrodé les éléments, qui ont donné naissance soit à du sulfure seul (1er type), soit à un mélange de pyrrhotine et de graphite (2e type). Une partie de ces substances est restée à la place même où elle se produisait ; une autre a dû être entraînée par le courant gazeux de façon à s'accumuler irrégulièrement dans certains recoins où des remous du gaz donnaient lieu à un repos relatif.

3° Un phénomène mécanique, analogue à celui qui avait réduit au début, le fer en fragments, est venu broyer de nouveau toute la masse. Le sulfure a été par endroits réduit à l'état de brèche à petits éléments et de nouvelles fissures se sont ouvertes dans le fer, se continuant, sans déviation, dans les substances de remplissage.

4° Enfin il est arrivé de nouveau de la matière graphiteuse qui a rempli les fissures de seconde formation et est venue cimenter les éléments des brèches sulfureuses. Le mode d'arrivée de cette matière paraît se rattacher aux mêmes actions que les précédentes, mais on peut penser qu'il correspond à la sulfuration des portions métalliques situées originairement à une plus grande profondeur et qu'il est dû au transport des poussières les plus ténues arrachées à ces portions par le courant d'acide sulfhydrique.

Si l'on admet la réalité de cet ordre de succession dans les phénomènes dont les traces sont si évidentes dans la substance des fers du second type, la conséquence à laquelle on ne peut échapper est de considérer le fer de Sainte-Catherine comme représentant un filon d'un genre tout à fait nouveau parmi les météorites.

On vient de voir qu'on connaît déjà plusieurs échantillons de roches cosmiques qu'il faut, d'après leurs caractères, ranger parmi les filons.

Ainsi la masse chilienne de Deesa constitue un *filon éruptif* dont la substance principale, le fer, a été injectée au travers d'assises pierreuses qui par le contact du métal fondu ont revêtu les caractères métamorphiques. — Le fer d'Atacama est un *filon concrétionné* où divers alliages de fer et de nickel sont successivement venus incruster des fragments irréguliers de la roche appelée dunite et qui appartient aussi bien à la géologie de la terre qu'à celle des météorites. — La célèbre

météorite dite de Pallas est analogue au fer précédent, mais les portions lithoïdes y sont formées de péridot cristallisé. — Les échantillons recueillis dans la Sierra de Chaco proviennent aussi d'une *brèche de filon* où des matières pierreuses et métalliques variées ont été cimentées par une quantité relativement faible de fer filonien, etc.

Mais le fer de Sainte-Catherine ne rentre dans aucune de ces catégories. C'est,



Fig. 102. — Jaspe de Sicile dont la structure est comparable à celle de la météorite de Ste-Catherine. Grandeur naturelle.

d'après ce qu'on vient de voir, un filon dont la substance filonienne est le sulfure et dont la gangue est le fer. Celui-ci y joue le même rôle que la dunite dans la masse d'Atacama ou les fragments schisteux des filons de galène en *cocardes* du

Hartz. Mais on peut lui trouver des analogues terrestres dont la comparaison avec lui est beaucoup plus exacte et dès lors beaucoup plus instructive.

Je fais allusion surtout à un bel échantillon provenant de Sicile et qui fait partie des collections du Muséum (fig. 102). C'est une brèche jaspique, comme on en rencontre dans beaucoup de filons.

Le jaspe, rouge ici, jaune là, s'y voit en fragments (J.J.J.) tantôt anguleux, tantôt arrondis, le plus souvent ayant ces deux caractères contraires sur des faces différentes. Ces fragments sont cimentés par du quartz (Q.Q.Q.) et par de la calcite (C.C.C.), et la position relative de ces divers minéraux est telle que, pour l'exprimer, il n'y a pas de changement essentiel à faire à la description donnée plus haut du fer brésilien, pourvu qu'on y remplace le mot *fer* par le mot *jaspe*, le mot *sulfure* par le mot *quartz* et le mot *graphite* par le mot *calcite*.

L'échantillon silicien a en effet conservé les traces certaines d'au moins quatre phénomènes consécutifs :

1° Concassement d'une masse de jaspe d'abord continue, correspondant au concassement primitif du fer nickelé.

2° Arrivée d'eaux thermales qui, circulant dans les interstices du jaspe, paraissent avoir attaqué cette roche, puis avoir déposé sous forme de quartz concrétionné la silice qu'elles avaient dissoute. Ce phénomène est l'exact analogue de la corrosion du fer par l'acide sulfhydrique avec dépôt de sulfure et de graphite.

3° Écrasement du filon, avec production de fines fissures (F.F.F.) traversant en même temps le jaspe et le quartz et offrant parfois une disposition rectangulaire analogue à celle des fines fissures de la météorite. Elles présentent également comme ces dernières une forme *en fuseau*, c'est-à-dire plus de largeur dans la région moyenne qu'aux extrémités, qui s'atténuent progressivement jusqu'à zéro.

4° Enfin incrustation des fissures par la calcite, mêlée parfois de quartz. La calcite a complété en même temps le remplissage des interstices existant entre les fragments jaspiques, exactement comme a fait la matière noire dans la météorite.

Une conformité si complète paraît indiquer l'analogie la plus entière dans les conditions de formations de la masse cosmique et des filons terrestres de jaspe fragmentaire. Il en résulte une nouvelle preuve de l'existence d'un milieu météoritique tout à fait comparable au point de vue géologique et abstraction faite de la nature chimique des substances qui le composent, avec l'écorce terrestre elle-même.

LES MÉTÉORITES MÉTAMORPHIQUES.

J'ai donné le nom de *Métamorphisme météoritique* à la modification que la chaleur fait éprouver à certains types de roches météoritiques qui se transforment aussi en d'autres types considérés jusque-là comme complètement distincts.

LA TADJÉRITE.

Nous avons dit que la composition de la tadjérite est très sensiblement celle des roches grises si différentes d'aspect, désignées sous les noms d'aumalite et de lucéite, exactement comme la composition du marbre d'Antrim est identique à

celle de la craie. Or, prenons un fragment d'aumalite ou de lucéite, et dans un creuset de platine, en nous mettant autant que possible à l'abri du contact de l'air, portons-le à la température du rouge vif. Après un quart d'heure d'expérience, la roche sera devenue complètement méconnaissable : ce ne sera plus de l'aumalite ou



Fig. 103. — Aumalite chauffée une heure au rouge et transformée ainsi en tadjérite. Lame mince vue au microscope.

de la lucéite, ce sera de la tadjérite[1]. Toujours comme dans l'expérience de Hall (expérience plus célèbre que facile à reproduire), la craie se change en marbre sous l'influence de la chaleur et de la pression.

La tadjérite est donc une *roche métamorphique.*

Le fer bréchiforme de Deesa, dont il est question plus haut, va nous fournir à cet égard un fait des plus intéressants.

On a vu que ce fer contient dans une pâte métallique des fragments de tadjérite. Nous en avons conclu qu'il a été en relations stratigraphiques avec celle-ci. Sa pâte métallique offre la composition de la caillite, dont elle ne diffère que par la structure qui n'est pas régulière, ce qui rend ce fer incapable de donner par les acides les figures de Widmannstætten. Le fer de Deesa, disions-nous tout à l'heure, est par conséquent tout à fait comparable au fer de Caille qui, ayant été soumis à la fusion, a perdu sa structure tout en conservant sa composition.

On peut le regarder comme formé par du fer de Caille qui, à l'état de fusion, a empâté des fragments de tadjérite. Et pour le dire tout de suite, cette conséquence

1. *Comptes rendus*, t. LXXI. p. 178, 27 nov. 1870.

suppose dans le gisement originaire des météorites des actions entièrement analogues à celles qui sur la terre ont accompagné la formation de filons de pegmasite tels que celui que nous citions tout à l'heure.

L'induction paraîtra plus légitime encore maintenant que l'on sait que la tadjérite n'est pas une roche *normale* et qu'elle dérive d'une autre roche préexistante, la tadjérite, comme le marbre d'Antrim dérive de la craie.

Dès lors, il est naturel de penser que, si la roche de Deesa renferme des fragments de tadjérite, c'est que le fer fondu qui entre dans sa composition a transformé, étant très chaud, les fragments d'aumalite ou de lucéite avec lesquels il s'est trouvé en relations stratigraphiques.

La tadjérite d'une part, et l'aumalite et la lucéite de l'autre, dérivant forcément, d'après tout ceci, d'un même gisement, il est donc évident que nos deux groupes de tout à l'heure, auxquels nous pouvons joindre maintenant la déesite et la caillite, doivent être considérés comme ayant la même patrie.

Si nous mettons ensemble la lucéite et l'aumalite, nous avons deux raisons pour le faire.

D'abord une fois transformées en tadjérite, elles deviennent identiques entre elles. Et en second lieu on trouve entre elles des passages minéralogiques tellement insensibles, entre autres le passage formé par la météorite de Dolgowola, Wolhynie (26 juin 1864), qu'il est impossible de ne pas voir en elles deux formes d'une même roche, comme c'est le cas pour le granit et le gneiss.

En nous bornant aux types lithologiques représentés par des chutes distinctes, nous pouvons déjà dire que douze de ces types ont été ensemble en relations stratigraphiques.

Ce sont : la mesminite, la lucéite, la limerickite, la montréjite, la canellite, la parnallite, la chassignite, l'aumalite, la caillite et la déesite, qui comprennent ensemble un nombre très considérable de chutes (*Cours de géologie comparée*).

Mais la transformation métamorphique de l'aumalite en tadjérite n'est pas restée isolée.

LA STAWROPOLITE.

Des expériences analogues aux précédentes nous ont conduit à reconnaître que la roche noire appelée *stawropolite* qui constitue la météorite tombée à Stawropol, dans le Caucase, le 24 mars 1857, résulte du métamorphisme de la roche, non analogue en apparence, appelée montréjite[1].

Ces deux roches diffèrent à première vue par le double caractère de la couleur et de la cohésion; tandis que la montréjite est d'un gris de cendre très clair, la stawropolite, au contraire, est noirâtre; et pendant que la première de ces roches s'égrène par la moindre pression, l'autre résiste au point de se laisser parfaitement polir.

Étudiées de plus près, elles manifestent pourtant des ressemblances frappantes.

Aussi, leur structure est rigoureusement la même. Des deux parts, on voit des globules lithoïdes enveloppés dans une pâte pierreuse; des deux parts se montre du fer nickelé en petites grenailles disposées souvent à la périphérie des globules.

1. *Comptes rendus*, t. LXXII, p. 452. 10 avril 1871.

En second lieu, les densités des deux masses sont très voisines l'une de l'autre. D'après les mesures de M. Abich[1], la pierre de Stawropol pèse de 3,479 à 3,708,



Fig. 104. — Montréjite chauffée une heure au rouge et transformée ainsi en stawropolite. Lame mince vue au microscope.

ou en moyenne, 3,59; suivant M. Damour[2], la pierre de Montréjeau pèse de 3,51 à 3,57, ou, en moyenne, 3,54, nombre un peu plus faible que le précédent; on a vu que la tadjérite pèse un peu plus que l'aumalite : c'est donc la répétition du même fait.

Enfin la stawropolite et la montréjite ont la même composition chimique et, à très peu près, la même composition minéralogique. Voici un tableau qui le prouve :

	Montréjeau par M. Damour.	Stawropol par M. Abich.
Fer nickelé.	11,60	10,25
Pyrite magnétique.	3,74	2,95
Péridot.	44,83	45,65
Silicates inattaquables[3]. . .	38,00	41,17
Fer chromé.	1,85	»
	100,00	100,02

1. *Bulletin de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg*; 3e série, t. II, p. 417 et 432 (1860).
2. *Comptes rendus*, t. XLIX, p. 31 (1859).
3. M. Damour considère ces silicates comme formés de pyroxène et d'albite, M. Abich comme formés de carysolithe et de labrador. La différence, assez faible d'ailleurs, quant aux résultats de l'analyse chimique, s'explique par l'imperfection des méthodes dont on se sert pour séparer les minéraux mélangés dans les roches.

Tout cela posé, rien n'est plus facile que de passer de la moutréjite à la strawropolite, c'est-à-dire de lui imprimer les caractères de couleur et de cohésion que présente cette dernière. Il suffit pour cela de lui faire subir exactement la manipulation qui permet d'obtenir artificiellement la tadjérite au moyen de l'aumalite; en d'autres termes, on n'a qu'à soumettre pendant quelques minutes et à l'abri de l'air un fragment de montréjite à la température d'un creuset chauffé par un bon feu de coke : l'identité du produit avec la météorite russe est absolue (*Cours de géologie comparée*).

LA BUTSURITE ET LA BÉLAJITE.

Les expériences que j'ai exécutées à ce sujet m'ont prouvé qu'on ne réalise la synthèse complète des météorites noires qu'en opérant au grand rouge, tel que le fournit un bon feu de coke. A une température moins élevée, on obtient un produit qui diffère d'autant plus des pierres de Tadjéra et de Stawropol qu'on s'est plus éloigné du terme qui vient d'être indiqué. Mais, si l'expérience est manquée alors, quant au but spécial qu'il s'agissait d'atteindre, le produit présente néanmoins, dans certains cas, des caractères dont l'étude offre de l'intérêt.

Les résultats les plus nets dans cette nouvelle direction m'ont été fournis par la montréjite. C'est d'eux seuls que je m'occuperai en ce moment.

Si l'on chauffe de la montréjite, non plus au moyen d'un feu de coke, mais dans un creuset soumis à la flamme d'une simple lampe à gaz, on obtient un produit qui diffère complètement pour l'aspect de la stawropolite[1].

Après refroidissement, le ciment de la roche soumis à la calcination est encore gris, et il est resté friable ; mais les globules sont devenus parfaitement noirs.

Or, il se trouve que le résultat d'une calcination incomplète de la montréjite reproduit dans tous ses caractères la pierre décrite sous le nom de trélajite. Les chutes qui l'ont fournie ont eu lieu à Belaja Zerakw (Ukraine), le 4 janvier 1797, à Slobodka (Russie), le 10 août 1818, et à Macao (Brésil), le 11 novembre 1836. On doit rapprocher cette pierre de la roche désignée sous le nom de butsurite qui n'en diffère que par la moindre grosseur de ses globules. La butsurite est représentée au Muséum par les chutes de Gross-Divina (Hongrie), 24 juillet 1737, et de Butsore (Indes anglaises), 12 mai 1861.

Il résulte de là, d'après les considérations exposées plus haut, que la bilajite et la butsurite constituent deux nouveaux types métamorphiques, dérivant de la montréjite, comme la stawropolite et représentant au point de vue de la chaleur subie, un degré intermédiaire entre ces deux dernières roches (*Cours de géologie comparée*).

LA CHANTONNITE.

On sait que ce qui caractérise la chantonnite est de constituer une roche grise, marbrée de bandes noires contournées et irrégulières. Beaucoup de chimistes en tête desquels il faut citer Vauquelin[2] ont cherché à déterminer la nature de ces

1. *Comptes rendus*, t. LXXII, p. 508, 24 avril 1871.
2. *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, t. XVIII, p. 1 et suiv.

régions sombres comparées aux parties claires ; mais leurs résultats sont loin d'être nets, et on se l'explique aisément quand on se rappelle que la substance noire ne diffère de la substance grise que par son arrangement moléculaire[1].

Or, si l'on chauffe dans un creuset un petit fragment d'aumalite et que, sans dépasser le rouge naissant, on l'y maintienne un quart d'heure environ, on constate, après refroidissement, qu'il a revêtu tous les caractères distinctifs de la chantonnite au point qu'on ne saurait plus l'en distinguer.

On voit donc comment les marbrures se distinguent nettement des lignes noires ou surfaces de frottement qui, bien que devant leur coloration à la même cause, sont cependant, avant tout, le résultat d'actions mécaniques étrangères aux marbrures

1. *Comptes rendus*, etc., t. LXXII, p. 339.

VII

POINT DE VUE STRATIGRAPHIQUE.

Le grand fait qui résulte des chapitres précédents, c'est que les météorites, loin d'être des corps absolument indépendants les uns des autres, manifestent d'une manière éloquente des traces d'une origine commune.

Il est donc indispensable, d'après les lumières fournies par la Terre elle-même, de chercher par une sorte de *Paléontologie sidérale,* à reconstituer le globe dont les météorites sont les débris.

A cette occasion, il est juste de noter que M. Boisse a eu le premier l'idée d'exprimer les rapports physiques existant entre les différents types de météorites, en supposant ces corps réunis en une sphère composée de couches concentriques, dont les plus denses occupent le centre, les moins denses la surface, et comme on voit, l'auteur ne faisait intervenir aucune considération géologique dans la distribution relative des roches cosmiques, les autres, toutes les positions intermédiaires[1]. Un pareil globe étant réalisé, si l'on y pratique une coupe suivant un grand cercle, on voit que les divers types de météorites sont dispersés suivant un certain ordre. Ce sont :

COUCHE SUPERFICIELLE.

VII.	Les météorites charbonneuses (Orgueil, etc.).	D = 1.9 à 3.0
VI.	Les météorites alumineuses (Juvinas, etc.).	D = 3.0 à 3.2
V.	Les météorites péridotiques (Chassigny, etc.).	D = 3.5
IV.	Les météorites du type commun (Saint-Mesmin, etc.).	D = 3.1 à 3.8
III.	Les météorites très riches en fer (Sierra de Chaco, etc.).	D = 6.5 à 7
II.	Les fers contenant des grains pierreux (Krasnojarsk, etc.).	D = 7.1 à 7.8
I.	Les fers proprement dits (Caille, etc.).	D = 7.0 à 8.0

CENTRE.

1. *Mémoires de la Société des lettres, sciences et arts de l'Aveyron,* t. VII, p. 1 à 180-1850. Il est juste d'ajouter que dès 1840, M. Angelot, traitant, dans le *Bulletin de la Société géologique*

Nous allons voir que cette constitution supposée est très différente de celle qu'il convient d'admettre.

En effet, l'existence de types très nombreux des roches météoritiques est un trait de ressemblance si frappant entre les épaves célestes et les roches terrestres, qu'on est nécessairement conduit à se demander si les météorites ne constitueraient pas les parties diverses d'un seul ou de plusieurs ensembles géologiques construits sur un patron analogue à celui de la Terre.

Or, supposons que sur un astre autre que la Terre, on ait pu former, sans en connaître l'origine, une collection de roches terrestres ; les géologistes de cette planète pourront-ils, par l'étude de ces échantillons, découvrir que celles-ci provien-



Fig 105. — Poudingue polygénique du Righi. — Grandeur naturelle.

nent d'un même gisement primitif ou, pour nous servir de l'expression confirmée, qu'ils ont été quelque part en relations stratographiques ?

Évidemment, si ces géologues n'avaient à leur disposition que des échantillons

un sujet sur lequel il est revenu en 1843, disait : « Il y aurait tout lieu de croire que les météorites métalliques sont le noyau de petits astres dont les autres météorites sont la croûte et ce qui me semble un nouvel argument à l'appui de cette supposition, c'est que ce fer est souvent cristallin, ce qui suppose un refroidissement assez lent, et que les autres aérolithes n'ont de cristaux que d'un très petit volume, ce qui suppose un refroidissement plus rapide. »

1 Voyez mon *Cours de Géologie comparée professé au Muséum*, p. 145 et suiv. (1874).

monogéniques, c'est-à-dire composés d'une seule espèce lithologique, cette découverte serait imparfaite. Rien par exemple, dans la substance d'un calcaire cristallin ou dans celle d'un granit, ne saurait faire naître l'idée qu'ils ont été ensemble en relation de position. L'identité des deux échantillons d'une même roche n'est pas plus démonstrative, car il se peut que dans des points différents de l'espace, l'exercice des mêmes causes ait produit les mêmes effets.

Mais il n'en est plus de même dès que les géologues que nous supposons ont entre les mains des échantillons de roches polygéniques, des poudingues (fig. 105) ou des brèches (fig. 106).

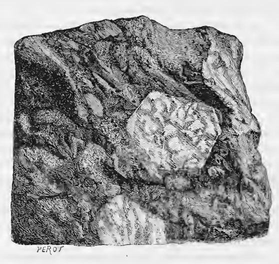


Fig. 106. — Brèche ophitique de Giromagny. — Grandeur naturelle.

On a vu qu'il existe par exemple, dans les collections du Muséum, une brèche (fig. 100) dans laquelle on reconnaît à première vue, à l'état de fragments anguleux, du granit, du talcschiste, du phyllade, du calcaire, etc. Elle n'a pu se faire que dans une région où préexistaient sous forme de masse distincte le granit, le talcschiste, le phyllade et le calcaire. Il a fallu ensuite que, par des actions spéciales, ces roches fussent concassées pour que les fragments en fussent mélangés et enfin qu'une substance, en s'interposant entre eux, les cimentât ensemble. C'est évidemment les raisonnements que feraient les géologues de l'astre sur lequel un échantillon de cette brèche viendrait à tomber, et ils auraient raison de le faire, car la roche dont il s'agit vient en effet des Pyrénées, où se trouvent des masses de granit et de taleschistes ainsi que de puissantes assises de calcaire et de phyllade.

Les peperinos de nos volcans, où l'on peut retrouver toute la collection des roches volcaniques réduites en fragments cimentés entre eux : basalte, wacke, gallinace, etc., donneraient lieu aux mêmes considérations. Ces peperinos ne pouvant se produire que là où se trouvent leurs éléments, dévoileraient par conséquent la communauté d'origine de ceux-ci aux confrères dont nous faisons l'hypothèse.

Ceux-ci trouveraient parmi nos roches un autre genre de brèches, celles qui

entrent dans la constitution des dykes des filons éruptifs. Ainsi on exploite dans le Calvados, auprès de Vire, de gros filons de pegmatite empâtant des fragments anguleux de gneiss. La vue d'un échantillon de cette roche leur attesterait que celle-ci provient d'une localité où la pegmatite et le gneiss existent simultanément.

A chaque pas les dalles du trottoir nous donnent à constater des faits du même genre. Le granit éruptif qui les constitue empâte de nombreux fragments de leptynite normal, et cela suffirait pour prouver à tout géologue étranger (on sait dans quel sens nous prenons le mot) que les masses de leptynite sont en relation avec le granit dans la localité quelconque d'où ce granit éruptif provient. Nous pourrions, mais sans intérêt, multiplier ces exemples.

La découverte des relations stratigraphiques des roches d'origine inconnue pourrait résulter encore de l'existence de transitions minéralogiques entre ces roches. Ainsi le passage si insensible du granit au gneiss et du gneiss au granit est la preuve évidente que ces deux roches ont une même origine et qu'elles doivent leurs caractères distinctifs à certaines circonstances accessoires.

Enfin, pour borner nos exemples, tout en restant dans le même ordre de faits, si les géologues en question arrivaient à transformer métamorphiquement un de nos types de roches en un autre type, ce serait pour eux la preuve certaine que ces deux types proviennent d'un même gisement : une fois acquis pour eux, par exemple, que notre marbre blanc, soit celui d'Antrim en Irlande, représente l'état métamorphique de notre craie blanche, soumise à la chaleur dans de certaines conditions ; une fois prouvé que l'existence du marbre blanc suppose l'existence antérieure de la craie, ils ne seraient pas libres de ne pas conclure que les marbres blancs et la craie blanche sont, si je puis dire, *compatriotes*, et par cette voie encore ils arriveraient à la découverte des relations stratigraphiques.

D'ailleurs, les études de ce genre ne fourniraient pas seulement des notions sur les faits relatifs aux relations de position ; on ne saurait les faire sans en tirer des renseignements quant au mode spécial de formation des roches.

Il sera manifeste, par exemple, que la brèche pyrénéenne citée tout à l'heure, le granit fragmentaire de Vire, ou les filons dits en cocarde de Hirtz où des fragments de schiste sont enveloppés de couches concentriques de quartz et de minerais qui les cimentent entre eux ; il sera manifeste, disons-nous, que ces diverses brèches ne se sont pas faites de la même manière. Et l'on pourra reconstituer, par des observations ou parfois même par des expériences, les caractères spéciaux qui les ont traversés.

Eh bien, tout ce que des roches terrestres tombant sur une planète y donneraient le moyen de découvrir, touchant leur passé, les météorites nous mettent en mesure de le constater à leur égard. Tous les faits énumérés tout à l'heure à propos de nos roches ont leurs analogues exacts parmi les météorites ; c'est ce qui résulte d'études auxquelles je me suis consacré durant de longues années.

Si donc on admet que le raisonnement qui vient d'être prêté à des géologues hypothétiques, serait légitime et les conduirait à des conséquences irréprochables, il faut, après les faits exposés dans le chapitre précédent, regarder comme démontré que les météorites sont des fragments ayant jadis été ensemble en relations stratigraphiques.

De plus, l'intérêt de la méthode géologique est encore accru par ce fait que les

astres dont elle nous fournit la découverte n'existent plus et qu'elle édifie ainsi, suivant l'expression déjà employée tout à l'heure, une véritable *Paléontologie sidérale*.

Avant tout, il faut rappeler l'existence des météorites primitives; celles-ci, produits de concrétion, ne sont pas nécessairement les plus denses et c'est un point sur lequel il y a lieu d'insister.

La principale partie de leurs éléments consiste dans des silicates magnésiens (enstatite, pyroxène, péridot, etc). Les fers nickelés se sont constitués ensuite sous la double forme de masses entièrement métalliques (fers météoriques) et de granules disséminés sur les roches pierreuses.

Par ce double procédé de condensation de givre et d'incrustation s'est produite une coque fondamentale qui a été longtemps en s'épaississant.

Par-dessus se déposèrent des strates de roches de moins en moins denses, telles que les pierres charbonneuses et, par-dessous, les roches plus fusibles telles que les eukrites.

Le refroidissement progressif de l'astre détermina dans la coque des torsions qui bien des fois produisirent des ruptures : il s'ouvrit aussi des *failles* dont les météorites ont souvent gardé des témoignages très nets.

Parmi les *holosidères*, nous devons rapporter à des étirements le long de failles, la déformation que présentent en divers points les figures, de Widmannstætten, de plusieurs fers. On va voir que la comparaison de cette déformation avec les faits présentés par les pierres donne beaucoup de vraisemblance à notre supposition. Parmi les masses où le fait que nous signalons peut être observé, il faut citer l'échantillon du fer météorique de Caille, enregistré dans les catalogues du Muséum, sous le signe 2. Q 536.

On retrouve de très belles surfaces de glissement chez certaines *syssidères* et spécialement dans le fer d'Atacama (2. Q 407), dont l'origine filonienne a été démontrée.

Mais c'est surtout parmi les *sporadosidères-oligosidères* que ces accidents sont fréquents; c'est là aussi que leur étude est particulièrement instructive, et nous allons y revenir dans un moment.

Cette fréquence contraste avec l'absence de toute trace d'action mécanique chez les *polysidères* et chez les *kryptosidères*.

Les *asidères* n'ont présenté jusqu'ici aucun accident du genre de ceux qui vont nous occuper.

On voit donc, en somme que, parmi les pierres météoriques, les sporadosidères-oligosidères sont seules à offrir des traces d'action mécanique. Il y a plus, ces traces n'existent pas indifféremment dans tous les types rentrant dans cette division : la montréjite, la mesminite, l'erxlébénite, etc., ne les ont pas présentées; elles sont au contraire plus ou moins fréquentes dans l'aumalite, la chantonnite, la lucéite, la limerickite, la canellite, la parnallite, l'aiglite, etc.

Étudiés dans ces derniers types, les accidents mécaniques des météorites se présentent sous trois formes qui ont été souvent confondues entre elles et qui résultent, comme on va voir, d'actions géologiques différentes.

Ce sont :

1° Des surfaces s'accusant sur les cassures par de fines *lignes* noires qui traver-

sent fréquemment les échantillons de part en part et qui présentent tous les caractères de failles (*lignes cosmiques*, de Reichenbach) ;

2° Des *surfaces frottées*, de longueur en général peu considérable, s'entre-croisant en tous sens, déterminant souvent la rupture des fragments qui nous parviennent et rappelant sous tous les rapports les surfaces polies si fréquentes dans les serpentines ;

3° Des *marbrures* noires qui ont fixé l'attention de beaucoup de minéralogistes et sur la nature desquelles on a longtemps hésité.

Ces trois genres d'accidents, quoique distincts, sont très habituellement en relations mutuelles et, dans certains cas, ils passent insensiblement de l'un à l'autre. Ainsi, les surfaces frottées se lient aux failles d'une manière intime, de façon que dans nos échantillons, vu la faible grosseur de ceux-ci, on ne peut parfois distinguer si c'est à l'un ou à l'autre de ces accidents qu'on a affaire. De même, les veines noires se lient aux failles et aux surfaces frottées en ce sens que c'est d'ordinaire le long de ces failles et de ces surfaces frottées qu'elles s'étendent. D'ailleurs, la couleur noire de ces lignes de fractures en fait en quelque sorte de fines marbrures et met sur la voie de l'explication véritable de ces dernières.

Toutefois, les caractères différentiels de ces diverses formes l'emportent sur leurs analogies.

Avant tout, il importe de justifier le nom de failles donné plus haut aux fines lignes noires. Or, outre les caractères déjà connus qui les rapprochent de ces accidents de la géologie terrestre, nous signalerons les *rejets* que parfois les lignes noires météoritiques se sont fait mutuellement éprouver.

Le fait de ces rejets se montre d'une manière remarquablement nette sur les échantillons d'aumalite provenant de la chute de Château-Renard, Loiret (12 juin 1841), et enregistrés sous le signe 2. Q. 49. L'un de ces échantillons, qui sont au nombre de trois sous le même numéro, montre une faille qu'une seconde faille rejette de 47 millimètres. Un second offre un rejet du même genre, tout aussi net, mais de 7 millimètres seulement. Le troisième, le plus gros de tous, contient un grand nombre de failles dont beaucoup sont parallèles entre elles et qui sont accompagnées de nombreux rejets.

L'aumalite tombée à Girgenti, en Sicile, le 10 février 1853, présente de même (échantillon 2. Q. 534) des rejets très nets. (Voy. page 196 la figure 56.) Dans l'échantillon 2. Q. 302 de la même chute, on voit une faille ramifiée s'arrêter brusquement à une autre faille droite ; le rejet est encore évident, bien que la portion rejetée ne soit pas visible, n'étant point comprise dans l'échantillon.

Dans la lucéite tombée à Aumière (Lozère), le 4 juin 1842 (2. Q. 245), on observe un système de faille, rejeté tout entier de plusieurs centimètres.

On pourrait citer un très grand nombre d'exemples tout à fait pareils dans beaucoup d'autres fragments d'aumalite provenant des chutes les plus diverses.

Dans tous ces cas et par exemple dans le gros échantillon de Château-Renard, cité plus haut, on remarque que les failles sont d'autant plus noires que les rejets

sont plus grands et par conséquent que l'effort mécanique éprouvé par la roche a été plus considérable. C'est donc, conformément aux faits développés dans un Mémoire spécial [1], que la coloration noire résulte de l'échauffement local déterminé par le glissement des deux parois de la faille.

Les surfaces frottées proprement dites qui caractérisent par exemple la chantonnite doivent être séparées des failles, non seulement à cause de leur aspect, mais parce qu'elles résultent évidemment de phénomènes différents. Au lieu d'être dues à de grandes fractures générales, elles sont causées par une série nombreuse de concassements en tous sens. Leur identité avec les surfaces polies des serpentines donnent à la chantonnite un faciès éruptif qui a déjà été signalé. Les marbrures noires qui les accompagnent très souvent témoignent de la chaleur considérable dont leur production a été contemporaine.

Comme la chantonnite, la lymerickite est abondamment pourvue de surfaces frottées et il en résulte une application utile au point de vue de la spécification des types lithologiques des roches météoriques. On a précédemment signalé le caractère ambigu de la météorite d'Ohaba, Siebenbourg (10 octobre 1857), par rapport à la moutréjite et à la limerickite. Au point de vue lithologique, il y a presque autant de raison pour comprendre la météorite en question dans l'un ou dans l'autre de ces deux types. Mais il n'en est plus de même si l'on fait intervenir les considérations qui viennent de nous occuper : la pierre d'Ohaba présentant une magnifique surface frottée, comme la limerickite et contrairement à la montréjite qui n'en offre jamais, c'est du premier de ces types qu'elle doit évidemment être rapprochée.

Enfin, les marbrures noires se présentent rarement seules et, dans ce cas, on doit présumer, d'après les faits observés, que si l'échantillon était un peu plus grand, il comprendrait des surfaces frottées ou des failles. Quand ces surfaces frottées existent, leur liaison avec les marbrures est, comme nous l'avons déjà dit, évidente à première vue : celles-ci en rayonnent, pour ainsi dire.

Le fait se voit très bien, outre un nombre infini d'autres exemples, sur l'échantillon 2. Q. 144 de la chute de Salles, Rhône (8 mars 1798) et sur l'échantillon 2. Q. 180 de la chute de Chantonnay, Vendée (5 août 1812).

Lorsque des surfaces frottées restent peu distantes l'un de l'autre, la zone intermédiaire est fréquemment métamorphisée d'une manière complète, au point que des écailles enlevées dans ces régions auraient tous les caractères de la tadjérite. C'est par exemple ce que montre la chantonnite tombée à Mexico, dans les îles Philippines, en 1859 (2. Q. 381). Et l'on voit que le métamorphisme de l'aumalite a eu lieu dans le gisement originel des météorites, par deux procédés tout à fait distincts :

D'une part, l'échauffement dû à l'injection du fer fondu, comme le montre le dyke de Deesa, et d'autre part, l'échauffement causé par la friction énergique de fragments pierreux les uns contre les autres, ainsi qu'on l'observe dans la plupart des échantillons de chantonnite. Dans ce dernier cas, l'épaisseur de la zone noire le long des failles et des surfaces frottées pourra peut-être, à la suite d'expériences, permettre d'apprécier la valeur des actions mécaniques dont il s'agit.

1. *Comptes rendus*, t. LXXIV. p. 134.

Quoi qu'il en soit, au point de vue où nous sommes placés, les météorites oligosidères se répartissent en trois groupes caractérisés chacun par un régime géologique particulier.

Le premier groupe formé par la montréjite, l'erxélbénite, etc., comprend des roches qui paraissent avoir échappé à toute action mécanique du genre de celles décrites plus haut.

Dans le deuxième groupe se trouvent des roches qui, comme l'aumalite et la lucéite, présentent de longues failles fines souvent accompagnées de rejets plus ou moins considérables. La lucéite diffère même de l'aumalite en ce que les failles y sont d'ordinaire plus fines et plus nombreuses, ce qui tient peut-être à sa plus grande fragilité.

Enfin la chantonnite et la lymerickite, avec leurs surfaces frottées et leurs marbrures noires, constituent un dernier groupe qui se rapproche naturellement par son allure générale des roches éruptives terrestres.

C'est évidemment à des phénomènes mécaniques de ce genre que sont dus les froissements et les concassements, avec les charriages nécessaires pour expliquer l'origine des brèches pépérinoïdes dont les roches de Saint-Mesmin, de Soko-Banja et de Parnallee sont des exemples entre autres.

Mais les failles ouvertes ont laissé en même temps passage à des matériaux profonds dégagés les uns à l'état de vapeur, de façon à constituer de vrais dépôts concrétionnés, souvent filoniens, comme les roches d'Atacama, de Pallas, etc., les autres à l'état de fluidité ignée, comme le dyke de Decsa.

Dans ce dernier cas, la chaleur accompagnant l'éruption a développé des phénomènes métamorphiques, soit dans des fragments empâtés (Deesa), soit dans des roches voisines (stawropolite résultant de la montréjite, tadjérite résultant de l'aumalite et de la lucéite, etc.).

Certaines roches ont été poussées de la profondeur à un état déjà solide, les pressions et l'échauffement qu'elles ont subis alors y ont déterminé la production de surfaces frottées et de marbrures noires ; le type de ces roches est la chantonnite.

Comme on voit, nous pouvons résumer en peu de mots des notions fort précises sur le globe météoritique, et l'on voit queces notions étayées sur des observations directes maintenant fort nombreuses, diffèrent profondément de celles que M. Boisse tirait de la simple considération des densités relatives.

On déduit du fait relaté plus haut du métamorphisme de certains types une nouvelle preuve très concluante, au point de vue de la stratigraphie des météorites, des relations de gisement originel de l'aumalite avec la chantonnite, et des raisons de plus pour regarder cette dernière, ainsi que je l'ai fait ailleurs[1], comme la forme complétée de l'autre.

La notion des relations stratigraphiques résulte aussi de l'existence de types de transition parmi les météorites[2].

On sait maintenant que la lucéite et la montréjite, représentées chacune par un grand nombre de chutes, offrent la même composition, mais qu'elles diffèrent pro-

1. *Comptes rendus*, t. LXXI, p. 590.
2. *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 134.

fondément par la structure. La première, en effet, est grenue, l'autre entièrement oolithique. Or, la chute observée le 8 mars 1829 à Forsyth, en Géorgie (États-Unis[1] a fourni des échantillons qui pourraient presque également être placés dans l'un ou dans l'autre type : c'est de la lucéite contenant quelques globules inégalement répartis. L'irrégulière distribution des globules produit même ce résultat que les petits échantillons peuvent différer entre eux au point d'appartenir à des types distincts.

Nous avons vu que la mesminite et la canellite sont des brèches ayant pour élément commun la lymerickite qui en forme la base. La première est formée en outre de fragments de lucéite et la seconde de fragments de montréjite. Or, la pierre trouvée à Assam, dans l'Inde, en 1846[2], renferme des fragments rigoureusement identiques à la roche de Forsyth qui vient d'être citée. Cette roche étant, comme nous venons de le voir, un intermédiaire entre la lucéite et la montréjite, la pierre d'Assam constitue par cela même une transition entre la mesminite et la canellite.

Déjà, la communauté d'origine de la montréjite et de la limerickite a été prouvée par ce fait qu'elles sont associées entre elles dans la canellite. Il n'en est pas moins intéressant de signaler les caractères ambigus entre ceux qui leur sont respectivement propres, que présente la météorite tombée, le 10 octobre 1857, à Ohaba, dans le Siebenbourg. La montréjite et la limerickite se ressemblent par la structure qui, chez toutes les deux, est oolithique; mais elles diffèrent par la dureté, qui est beaucoup plus grande chez la dernière, et surtout par la nuance, qui est foncée et bleuâtre dans la limerickite et blanche dans la montréjite.

La butsurite constitue un terme de passage entre la montréjite et la stawropolite. Cette roche contient, comme la stawropolite, des globules noirs, mais, comme dans la montréjite, le ciment qui lui sert de base est blanc.

Enfin les nombreuses météorites appartenant au type dit chantonnite, et caractérisées par leurs marbrures noires, font le passage entre l'aumalite et la tadjérite. (*Cours de géologie comparée.*)

Quoique d'une manière tout à fait secondaire, nous mentionnerons, toujours dans le but de démontrer la communauté de gisement originel des météorites, la coexistence de types lithologiques distincts dans la même chute de météorites[3].

Le 17 novembre 1773, on vit tomber à Sigena, en Espagne, des météorites dont les unes sont constituées par la sigénite et les autres par de la parnallite. Il en résulte évidemment que ces deux roches proviennent du même gisement. Le fait, malgré sa complication, s'est reproduit identiquement le même. En effet, le 12 novembre 1856, à Trenzano, en Italie, eut lieu la chute simultanée de météorites appartenant les unes au type bustite et les autres au type parnallite. Il convient de remarquer combien cette reproduction est instructive, en ce qu'elle suppose la superposition de causes très rarement réalisées.

En effet, il est très rare qu'une même chute fournisse deux types distincts; en second lieu, la sigénite est une roche extrêmement rare, et troisièmement la par-

1. *Silliman's American*, t. XVIII, p. 388.
2. *Wien. Akademie Berichte*, t. XLI, p. 752 (1860)
3. *Comptes rendus*, t. LXXIII, t. 1483.

nallite aussi est un type lithologique très peu fréquent. (*Cours de géologie comparée.*)

En résumé quatre méthodes, complètement indépendantes entre elles, concourent à la démonstration des relations stratigraphiques des météorites. Les voici résumées en quelques mots [1].

1° *Étude lithologique des brèches polygéniques.* — Les brèches renfermant des fragments juxtaposés de roches appartenant à des types divers, démontrent les relations stratigraphiques de ces types. Leur étude fournit ainsi la preuve de la communauté d'origine d'un grand nombre de roches cosmiques, normalement mélangées, par exemple dans les brèches appelées : déesite, mesminite, canellite, parnallite, etc.

2° *Examen des passages minéralogiques entre divers types.* — Cette méthode consiste à prouver la relation de divers types, en montrant que, dans certains échantillons, ils passent insensiblement les uns aux autres. C'est un fait dont les roches terrestres nous donnent un si constant spectacle. Des passages de ce genre relient par exemple la montréjite à la stawropolite, la montréjite à la lucéite, la montréjite à la limerickite, l'aumalite à la tadjérite, l'aumalite à la chantonnite, etc.

3° *Constatation de la coexistence, en fragments distincts, de divers types dans la même chute.* — La communauté d'origine de la parnallite et de la sigénite résulte de la coexistence de ces deux roches en fragments distincts, d'abord dans la chute de Trenzano, puis dans la chute de Sigena.

4° *Transformation de certains types en d'autres types.* — Enfin, la transformation artificielle de certains types en d'autres, en montrant que les derniers dérivent naturellement des premiers, prouve par cela même leur communauté d'origine. C'est ainsi que la chantonnite et la tadjérite dérivent de l'aumalite, et que la butsurite, la béjalite et la stawropolite dérivent de la montréjite.

Conclusion. — Il résulte de chacune de ces quatre méthodes d'investigation, que des météorites de types divers proviennent d'un même gisement, et par conséquent la notion de la *Stratigraphie météoritique* peut être considérée comme définitivement acquise à la science, et par conséquent à l'astronomie physique. Car on ne saurait méconnaître le caractère astronomique de recherches qui tendent à démontrer l'ancienne existence d'un astre aujourd'hui disparu, et qui s'efforcent d'en reconstituer les principaux éléments au moyen des débris que nous en avons. Ce sont évidemment des recherches astronomiques, quoique d'ailleurs elles appartiennent à une branche nouvelle d'astronomie, à la Paléontologie sidérale qui, opérant sur des fossiles, savoir : les restes des corps célestes à reconstruire, doit nécessairement emprunter à la géologie ses méthodes, seules applicables à l'étude et à la mise en œuvre de documents de cette nature.

1. *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 332 (1874).

Et comment n'être pas frappé de la gradation qui s'observe dans la série des moyens à l'aide desquels l'astronomie physique a réalisé ses accroissements successifs? Les seuls procédés dont elle disposât à l'origine étaient fournis par la physique; de l'étude de la réfraction et de la polarisation que les astres faisaient éprouver à la lumière, on concluait l'état de ces astres. Plus tard, la chimie est venue se mettre au service de l'astronomie; les spectres lumineux et l'analyse des météorites ont dévoilé la nature entière des substances entrant dans la composition des corps célestes.

Enfin, voici que la géologie lui prête le concours de ses méthodes.

Poursuivant en effet, sur des corps étrangers à la Terre, l'étude qu'on eût pu croire applicable à notre seule planète, des phénomènes clastiques, éruptifs et métamorphiques, elle montre que les météorites présentent les traces incontestables de ces trois sortes d'action, et c'est prouver que ces épaves proviennent d'un ou de plusieurs astres détruits, où elles occupaient des positions analogues à celles qu'affectent entre elles, sur la Terre, les roches dites normales, bréchiformes, éruptives et métamorphiques.

VIII

POINT DE VUE GÉOLOGIQUE

On ne peut continuer longtemps un examen de ce genre sans se demander si la géologie terrestre n'a pas quelque chose à gagner de la connaissance ainsi prouvée par les météorites de la constitution profonde d'un astre différent.

La comparaison des roches terrestres aux météorites fournit des notions intéressantes.

Nous constatons tout d'abord que les *roches primitives* existent sur la Terre et qu'elles gisent, comme dans l'astre météoritique, *au-dessus* du laboratoire où les volcans puisent la lave.

En effet, les basaltes d'une foule de régions apportent au jour des fragments anguleux de chassignite (dunite) dont ils ont manifestement traversé les assises pour arriver au jour.

Parmi les localités à citer, nous mentionnerons l'île Bourbon et la France centrale.

C'est le cas de rappeler que d'après Hochstetter la dunite constitue toute la masse d'une chaîne montagneuse à la Nouvelle-Zélande.

En second lieu, les basaltes du Groënland ont apporté des filons de roches de fer natif et des blocs de fer natif évidemment de la famille des météorites primitives et dont le gisement est moins profond que celui des basaltes eux-mêmes.

A cet égard il est indispensable de donner quelques détails qui en préciseront le gisement et qui surtout justifieront l'assimilation que nous en faisons avec les météorites primitives.

L'histoire de la découverte du fer est si bien connue, qu'il est superflu de dire à son sujet autre chose que ce qui est nécessaire pour relier entre elles les diverses parties de notre sujet.

C'est durant son expédition au Groënland, en 1870, que M. Nordenskjöld découvrit ces blocs ferrugineux.

Ils gisaient sur le rivage entre le niveau de la haute et celui de la basse mer, parmi des blocs de granite et de gneiss roulés, au pied d'une grande falaise basaltique (fig. 107, 108 et 109) d'où s'élève plus haut encore la série des couches horizontales de trass et de dolérite du mont Ovifak.

A 16 mètres du plus gros bloc, sous des détritus constituant la berge, un rocher basaltique, haut de $0^m,30$, peut être suivi sur 4 mètres de distance, de façon à se présenter comme faisant partie intégrante du sol en place. Une autre arête ana-

logue, située près de la berge, court dans une direction parallèle et avec la même longueur. Cette dernière contient des blocs lenticulaires formés de fer nickelé,

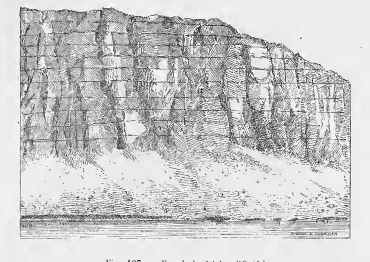


Fig. 107. — Vue de la falaise d'Ovifak.

qui ont l'apparence extérieure, la composition chimique et la résistance à l'air des fers météoriques.

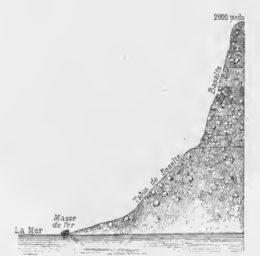


Fig. 108. — Coupe de la falaise basaltique d'Ovifak.

Le fer est empâté dans le basalte, dont il est séparé par une mince écorce de rouille et qui présente au voisinage des blocs de fer natif, des nodules de hisingérite, évidemment formée par l'oxydation du métal.

Sur une superficie qui ne dépasse pas 50 mètres carrés, M. Nordenskjöld trouva et recueillit plus de vingt masses de fer et de basalte renfermant du fer, pesant de 21 000 kilogrammes à moins de 1 kilogramme.

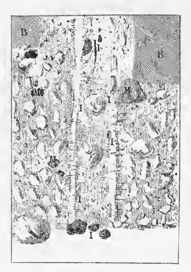


Fig. 109. — Plan du rivage d'Ovifak. B, basalte ; I, blocs de fer natif.

Pour établir l'analogie ou constitution de ces fers avec les météorites, il convient de reproduire les chiffres suivants, en remarquant qu'il s'agit d'échantillons altérés évidemment par des agents superficiels.

I. Analyse d'un fragment d'une des grandes masses (fig. 110), par M. Nordenskjöld. — II. Analyse d'un échantillon de fer plus compact, par M. Nordström. — III. Analyse d'un fer offrant les figures de Widmannstætten et provenant de la côte basaltique, par M. Lindström. (Dans ces trois analyses, les auteurs se sont débarrassés, autant que possible, de toutes les substances associées au fer et qui avaient subi des altérations.) — IV. Analyse par M. Wöhler. — Voy. Analyse par M. Daubrée. (L'analyse n° IV fut exécutée sur un fragment altéré analogue, sous ce rapport, à la croûte que Smith a examinée, mais avec moins d'altération.

	I	II	III	IV	V
Fer	84,49	86,34	93,24	46,60	80,80
Fer (combiné)	»	»	»	»	1,60
Nickel	2,48	1,64	1,24	1,19	2,65
Cobalt	0,07	0,35	0,56	0,47	0,91
Cuivre	0,27	0,19	0,19	»	»
Alumine	»	0,24	»	»	»
Chaux	»	0,48	»	»	»
Magnésie	0,04	»	traces	»	»
Potasse	»	0,07	0,08	»	»

Soude	»	0,14	0,12	»	»
Phosphore	0,20	0,07	0,03	0,15	»
Soufre	1,52	0,22	1,21	»	»
Chlore	0,72	1,16	0,10	»	»
Silice..	»	0,06	0,59	»	0,291
Portion insoluble	0,05	4,37			
Matière charbonneuse organique. Oxygène, eau et perte	0,15	1,71	»	»	»
Carbone	»	»	2,30	3,96	»
Carbone combiné	»	»	»	»	2,60
Carbone libre	»	»	»	»	0,30
Sulfate de fer	»	»	»	7.75	»



Fig. 110. — Fer natif d'Ovifak, surface polie. Grandeur naturelle.

Hydrogène.	»	»	0,07	»	»
Oxyde de fer magnétique.	»	»	»	40,20	»
Chlorure de calcium.	»	»	»	»	0,233
Chlorure de fer.	»	»	»	»	0,089
Sulfate de chaux.	»	»	»	»	0,053

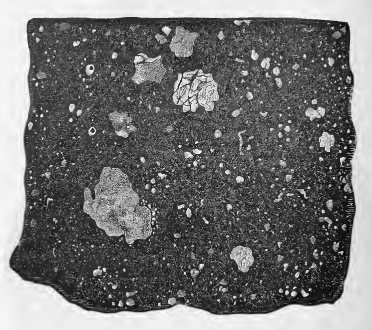


Fig. 111. — Roche d'Ovifak renfermant des grenailles de fer natif et dont la structure est comparable à celle des météorites sporadosidères.

D'autres échantillons consistent en un mélange de dolérite et de fer natif ou plutôt en une roche doléritique remplie de grenailles métalliques toutes semblables à celles des météorites (fig. 111). La figure 112 représente une lame mince de cette roche vue au microscope.

Les échantillons de ce type offrent le plus vif intérêt, car sans eux il n'y aurait pas moyen de résoudre le problème de l'origine des masses, tandis que leur examen critique conduit à élucider les points les plus importants de la question. Ils n'ont pas de caractère métallique à l'extérieur ni sur leurs surfaces de fractures, sauf dans de petits points disséminés ; mais, si on les polit, on y voit apparaître de nombreuses grenailles métalliques, variables de formes et de dimensions. Il existe cependant une variété (fig. 113) dont la fracture est fortement métallique ; la dolérite n'y est qu'en faible proportion et la densité, en conséquence plus élevée : 5,70.

Une fois coupés et polis, les fers qui nous occupent présentent des lignes d'un brillant métallique et d'un caractère dendritique.

Les nodules métalliques, de même que la dolérite à fer natif, sont empâtés en

blocs plus ou moins volumineux dans les basaltes qui les ont arrachés à leur gisement profond pour les approcher à la surface.

Fig. 112. — Dolérite à fer natif d'Ovifak. — Lame mince vue au microscope.

A cette circonstance qui rapproche ces roches singulières des météorites primitives s'en joint une autre relative à leur reproduction synthétique, dont j'ai fait l'objet de recherches spéciales.

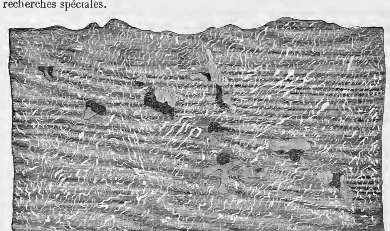


Fig. 113. — Roche d'Ovifak dont les éléments lithoïdes sont reliés par un réseau de fer natif et dont la structure est comparable à celle des météorites syssidères.

Comme on vient de le voir, l'observateur est en présence de particules de fer

anguleuses, ramifiées, évidemment non fondues, même lorsque de loin on croit apercevoir dans la dolérite des grenailles bien rondes; si on les examine à la loupe on reconnaît qu'elles sont constituées par des éléments anguleux associés à des minerais silicatés, disposition incompatible avec l'hypothèse d'une fusion.

Cette remarque interdit de voir, comme on l'a fait, dans les masses groënlandaises le produit de la réduction du basalte par les lignites tertiaires aux travers desquels elles ont fait éruption. Et j'ajouterai qu'on arrive à la même conclusion quand on compare la portion silicatée de ces roches métallifères, soit aux dolérites ordinaires qu'elles reproduisent exactement, soit au résidu de la réduction du basalte par le charbon dont elles diffèrent à tous égards.

Cependant, l'analogie intime des grenailles groënlandaises avec les grenailles météoritiques ne doit pas faire oublier une différence profonde au point de vue chimique. Le métal terrestre, nickélifère comme le métal cosmique, se distingue de lui, ainsi que Lawrence Smith et d'autres chimistes l'ont montré, par la forte proportion de carbone qu'il renferme à l'état de combinaison, de telle sorte qu'on peut le considérer comme une véritable fonte naturelle.

Ce fait intéressant avait d'abord été signalé par M. Shepard, à propos du fer de Niakornak qui, d'abord classé avec les météorites, appartient évidemment à notre globe.

De pareilles particularités de composition tenant nécessairement aux conditions mêmes dans lesquelles la concrétion métallique s'est opérée, j'ai cherché à produire artificiellement un métal qui, pour la composition aussi bien que pour la forme extérieure et la structure interne, fût semblable à la fonte naturelle d'Ovifak et de Waigatt.

J'ai été dirigé dans la disposition des expériences par les considérations développées plus haut à l'occasion de la synthèse des fers météoriques et spécialement par cette remarque que si le fer groënlandais est aussi riche, au moins, en chlorures que les holosidères, cependant la chaleur rouge n'en chasse pas d'hydrogène comme elle en extrait de ceux-ci, mais un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone où ce dernier gaz prédomine beaucoup.

C'est donc à l'oxyde de carbone qu'il fallait avoir recours pour réduire le mélange de protochlorure de fer et de chlorure de nickel, comme lors des expériences antérieures, dans un tube de porcelaine où des fragments de roches auraient été préalablement disposés.

Par ce mode opératoire, un métal a été produit et il a été facile d'y reconnaître la présence d'une grande quantité de carbone combiné : c'est donc un fer carburé ou une *fonte*. Celle-ci, riche en nickel, s'est présentée sous les formes obtenues pour les alliages déjà étudiés, c'est-à-dire : en filaments placés entre les fragments rocheux et les agglutinant entre eux; en grenailles dans les interstices des pierres; en végétations ramuleuses; en enduits continus sur tous les corps placés dans le tube et sur les parois internes de celui-ci; enfin en petits boutons grossièrement sphéroïdaux dont l'examen paraît spécialement intéressant. En effet, outre que pour la forme générale, ces boutons rappellent, à une échelle presque microscopique, les gros blocs recueillis à Disko, par M. Nordenskiöld, on y reconnaît une structure vermiculée due à l'alternance des particules métalliques et des particules charbonneuses, structure qui, rigoureusement semblable à celle de la grande plaque polie

de fer d'Ovifak, que l'on peut voir dans la galerie de géologie du Muséum (voy. la figure 108), n'a jamais été signalée dans les holosidères.

Ces résultats conduisent, quant à l'origine des fers du Groënland, à une opinion très différente de celle qui a été généralement adoptée. Elle consiste à croire que les roches à fer natif représentent des échantillons de couches très profondes de notre globe.

Quant au mécanisme de leur sortie, on peut le comprendre très simplement si l'on se rappelle qu'elles ne forment en définitive que des blocs plus ou moins volumineux, mais limités, empâtés dans du basalte absolument ordinaire; disposition qui avait conduit d'abord M. Nordenskiöld à y voir une « eukrite » tombée du ciel dans la roche plutonique fondue. Il suffit donc d'admettre que ce basalte sortant des profondeurs comme il a fait, a pu exceptionnellement arracher des fragments d'une assise à fer natif et les charrier sans les fondre jusqu'aux régions superficielles. C'est exactement la reproduction de ce qui a eu lieu si souvent pour le péridot et la dunté, amenés au jour par les basaltes qui ne les ont pas fondus.

Si l'on admet cette opinion, on voit que l'étude des météorites, en nous révélant le procédé par lequel les grenailles métalliques se sont concrétionnées dans les roches d'Ovifak, contribue d'une manière des plus efficaces à la connaissance de notre propre globe. C'est un exemple de plus des secours mutuels que se prêtent les différents chapitres de la Géologie comparée.

Les fers d'Ovifak, par le véritable trait d'union qu'ils établissent entre les météorites et les roches terrestres, nous invitent à rechercher si d'autres relations du même genre ne pourraient pas être observées.

Or, les rapprochements déjà présentés un peu plus haut entre les météorites primitives, éruptives (et spécialement la chantonnite) et les roches terrestres dont le type est la serpentine, peuvent maintenant être précisés.

Les roches réunies sous le nom de *serpentines* présentent à côté de caractères communs des différences considérables. Elles constituent une famille plutôt qu'une espèce, et l'on peut distinguer parmi elles une certain nombre de types parfaitement tranchés.

Remettant à une autre occasion de décrire ces divers types et de faire connaître la classification dont ils me semblent susceptibles, j'examinerai seulement la constitution minéralogique des roches qui rentrent dans le type des serpentines grises et grenues, si abondamment représentées dans les Alpes et que l'on retrouve dans beaucoup d'autres localités même très distantes les unes des autres.

Les échantillons sur lesquels a porté mon examen sont au nombre de dix et je crois utile, au point de vue des vérifications, de les désigner ici par les signes de Catalogues qui leur sont affectés dans les collections du Muséum. Ce sont :

1° Une serpentine du glacier des Bossons, vallée de Chamonix, Alpes du mont Blanc, donnée par Gillet-Laumont et portant le signe 6. T. 597.

2° Une serpentine provenant des environs de Verrès dans la vallée d'Aoste, faisant partie de la collection de Drée, 8. N. 1225.

3° et 4° Deux échantillons recueillis par Cordier, entre Verrès et Saint-Vincent, dans la vallée d'Aoste, 8. S. 197 et 198.

5° Une serpentine de la Combe d'Alen, au mont Rose, collection de Drée, 8. N. 1208.

6° Une serpentine du glacier du Val Sorrey au grand Saint-Bernard, collection de Drée, 8. N. 1335.

7° Une serpentine d'Imbrunctta en Toscane, collection de Drée, 8. N. 593.

8° Une serpentine du mont Temla, dans le Märsthal, en Styrie, collection Sennoner, 5. M. 302.

9° Une serpentine recueillie par la Commission scientifique de Morée, à Sikina, île de Tynos, dans l'Archipel grec, 5. A. 105.

Enfin, 10° une serpentine de Caéthé, province de Minas Geraës, au Brésil, rapportée par M. Claussen, 7. R'. 59.

La roche représentée par ces divers échantillons offre une couleur d'un gris verdâtre et une texture essentiellement grenue. Dans certains cas, elle tend à devenir un peu schistoïde, mais en général elle n'offre aucun délit. Elle n'agit pas sensiblement sur l'aiguille aimantée et cependant on peut, au moyen d'un aimant, extraire de la roche pulvérisée une proportion appréciable de substance attirable.

Sa dureté n'est pas grande, égale à 3 environ de l'échelle de Mohs, et voisine par conséquent de celle du spath calcaire. Son toucher est un peu onctueux. Sa ténacité est très grande et, sous le choc du marteau, on la brise en éclats anguleux, limités quelquefois par des surfaces offrant un poli naturel. Lorsque ces surfaces polies n'apparaissent pas, la cassure est un peu esquilleuse et cireuse.

La densité de cette roche est comprise, suivant les échantillons entre, 2,37 et 2,52.

L'analyse élémentaire d'un échantillon d'apparence moyenne m'a donné les nombres suivants :

Silice	39,90
Magnésie	38,10
Alumine	1,25
Chaux	2,00
Protoxyde de fer	6,42
Eau	11,60
	99,27

Je n'ai d'ailleurs exécuté cette analyse que pour avoir un point de repère avec les résultats obtenus par les minéralogistes qui se sont occupés des serpentines. En thèse générale, une analyse de ce genre n'a qu'un faible intérêt pour le lithologiste. J'ai concentré tous mes efforts sur l'examen minéralogique de la roche que j'étudiais, et voici comment cet examen a été conduit : la substance étant finement pulvérisée dans un mortier d'agate, une portion de la poudre est débarrassée au moyen d'un aimant de la matière magnétique qui peut s'y trouver mélangée. Si l'on veut en déterminer le poids, il faut opérer sur 10 grammes au moins et recourir bien entendu à tous les procédés de nature à procurer un triage aussi parfait que possible.

Le résidu de cette première opération est exclusivement formée de substances silicatées. Il est mis en digestion dans l'acide chlorhydrique pur et abandonné à une douce chaleur pendant un temps très prolongé. Beaucoup de mes attaques ont duré un mois, de l'acide étant ajouté chaque jour dans la capsule, afin de maintenir le niveau constant. Au bout de ce temps, le résidu est débarrassé de la silice

provenant de l'attaque, bien lavé, séché, pesé et soumis à l'analyse suivant la méthode ordinaire. La différence entre le poids de ce résidu et le poids de la serpentine examinée consiste évidemment en silicate attaquable.

Toutes les serpentines grises que j'ai traitées par ce procédé n'ont pas fourni exactement les mêmes nombres pour les proportions des diverses matières qui y sont mélangées, mais il y avait peu d'écart entre les résultats extérieurs et la serpentine du glacier des Bossons (6. T. 597), qui peut être considérée comme une moyenne, a donné :

Matière magnétique.	0,79
Silicate inattaquable	0,80
Silicate attaquable	98,41
	100,00

Ce premier point une fois acquis, il convient de déterminer la nature des trois substances, ou groupes des substances que nous venons de distinguer.

La matière magnétique consiste exclusivement en oxyde de fer, elle est anhydre et offre toutes les propriétés de la magnétite.

Le silicate inattaquable est à base de magnésie et de fer avec traces très sensibles d'alumine. La faible quantité de matière dont je disposais ne m'a pas permis d'en faire une analyse complète, mais j'ai reconnu qu'il est absolument anhydre et j'ai pu y doser la silice. Celle-ci constituant 52 pour 100 du minéral, on doit comprendre celui-ci dans le groupe des pyroxènes : l'examen microscopique a pleinement confirmé cette conclusion.

Reste le silicate attaquable et ici, en même temps que l'intérêt augmente, la difficulté devient beaucoup plus considérable. En effet, dans l'analyse précédente, ce silicate a été complètement détruit et, par conséquent, il est difficile de se faire directement une idée de sa constitution. Toutefois un premier résultat certain est que ce silicate est hydraté. La serpentine qui m'occupe renferme comme on l'a vu de 11 à 12 pour 100 d'eau, et ce qui précède montre que toute cette eau appartient à la substance attaquable.

L'idée simple, celle qui a été admise généralement, est de voir dans cette substance un composé défini d'eau de silice et de bases. Mais il est indispensable de s'assurer si cette supposition s'accorde avec les faits d'observation. Or, comme on va voir, il n'en est rien.

L'examen microscopique d'une lame mince de serpentine grise montre que la pâte de cette roche est loin d'être homogène. On y voit, si l'on opère dans la lumière polarisée, une substance cristalline extrêmement active formant des grains, réunis entre eux par une substance grise, et opalescente. Çà et là se montrent en outre des grenailles absolument opaques dont quelques-unes, dans la lumière réfléchie, manifestent l'éclat métallique.

Il résulte de cette nature complexe de la pâte la nécessité de tenter la séparation des diverses matières, également attaquables par les acides et qui peuvent se trouver en mélange dans la roche.

Je n'ai pas besoin d'insister sur les difficultés spéciales d'une semblable séparation. L'emploi des acides étant interdit, j'ai eu recours à celui des alcalis, dont

Delesse a signalé dans certains cas les propriétés, et le succès que j'ai obtenu m'engage à résumer rapidement mes résultats.

Il s'agissait de savoir comment se comporterait la serpentine pulvérisée, mise en présence d'une lessive plus ou moins concentrée de potasse et maintenue à ce contact pendant un temps plus ou moins long. Dans ce but, plusieurs séries d'expériences furent instituées parallèlement et je me bornerai à en faire connaître la conclusion générale.

La serpentine des Bossons, déjà citée (6. T. 597), laissée pendant un mois à froid en contact avec une lessive concentrée de potasse, fut partiellement attaquée. Le résidu, soumis à la lévigation dans le but de le débarrasser des flocons grisâtres provenant de l'attaque, ne contenait plus que 7,742 pour 100 d'eau au lieu de 11,60 que renferme normalement la roche.

En opérant à chaud (80 degrés environ), j'arrivai au bout de huit jours à obtenir un résidu ne contenant que 2,517 pour 100 d'eau, et je ne doute pas que la déshydratation totale ne puisse être obtenue. Si je n'ai pas cherché à la réaliser, c'est qu'elle ne peut être atteinte sans que la portion anhydre de la roche soit elle-même à la longue attaquée par la lessive alcaline.

Quoi qu'il en soit, la substance lavée après son traitement par la potasse et soumise à l'action de l'acide chlorhydrique fut fortement attaquée avec production de silice gélatineuse et se comporta comme une matière fort riche en péridot et renfermant de très petites quantités de silicates pyroxéniques, inattaquables.

Ces expériences, recommencées plusieurs fois sur des échantillons de provenances très diverses, donnèrent toujours les mêmes résultats, sauf au point de vue de la proportion relative des substances attaquables hydratée et non hydratée, et il fut établi pour moi que la partie, attaquable aux acides, des serpentines grises est constituée par le mélange du péridot avec un hydro-silicate magnésien.

J'ajouterai que cette conclusion est pleinement confirmée par l'examen microscopique du résidu de l'attaque par la potasse qui montre bien dans celui-ci le péridot tout à fait prédominant. On doit avoir soin d'opérer dans l'eau, car les grains, superficiellement altérés, ne sont guère transparents lorsqu'ils sont secs.

C'est manifestement le silicate hydraté qui apparaît au microscope dans les lames minces sous l'aspect d'une matière opalescente, tandis que le péridot se reconnaît à sa transparence et à son activité. Dans un échantillon, ce silicate hydraté constituait à très peu près la moitié en poids de la substance attaquable aux acides et devait par conséquent renfermer environ 25 pour 100 d'eau, ce qui est la proportion contenue dans beaucoup de variétés de magnésite.

En résumé, les serpentines grises et grenues consistent essentiellement dans le mélange des quatre minéraux suivants :

Magnétite
Pyroxène
Péridot
Magnésite.

Ceci posé, nous avons vu que l'aumalite est formée de fer métallique, de pyroxène et de péridot. La différence consiste donc dans une plus grande proportion d'oxygène et dans la présence de l'eau.

Or, remarquons aussi que la structure des deux roches, malgré la distance de leur gisement respectif, est remarquablement identique. Dans l'une et l'autre la cassure est finement grenue et la masse est traversée souvent par des surfaces de frottement. Même au microscope cette ressemblance se soutient : des deux parts dans la masse cristalline et active sur la lumière polarisée apparaissent des grenailles formées pour l'aumalite de fer métallique et, pour la serpentine, de magnétite, mais ils sont toujours sous forme irrégulièrement tuberculeuse et tout à fait caractéristique.

Cette identité, qui ne peut être fortuite, conduit à se demander si ces roches, malgré leurs différences, n'auraient pas de réels rapports de parenté, si par exemple, la serpentine ne dériverait pas de la chantonnite par oxydation et hydratation à peu près comme le kaolin dérive du feldspath.

Dans ce cas, les filons de serpentine représenteraient les têtes des filons constitués dans la profondeur par la chantonnite ; — comme les filons d'oligiste ou de limonite seraient les chapeaux de filons qui dans la profondeur seraient constitués par du fer métallique.

M. Rammelsberg [1] a comparé la composition de minéraux péridotiques et pyroxéniques des météorites avec ceux des roches terrestres.

Pour le péridot, il pense retrouver la variété contenue dans la météorite de Stawropol et qui est caractérisée par des proportions de fer et de magnésium qui sont entre elles comme 1 est à 5 dans la lherzolite. Le rapport $FeMg^5$ qui se trouve dans les météorites de Hainholz, Borkut, Saint-Mesmin, Tourinnes, etc., est offert par certaines olivines du Canada. Enfin le péridot des météorites de Chassigny, de Luotalaks, d'Alais, de Montréjeau, de Parnallee, etc., qui renferme 1 de fer par 2 de magnésium, est l'hyalosidérite de Sasbach et d'ailleurs.

Pour la bronzite, M. Tschermak retrouve celle du Groënland et du Texas ($FeMg^5$) dans les météorites de Lodran, de Bachmut, de Blansko et de Pulstuk. Celle de Steiermark (FeMg4) existe dans Breitenbach, Ensisheim, Chantonnay, Montréjeau, Richmond, Stawropol. FeMg5 serait commun à la bronzite terrestre de Farsund et aux météorites de Hainholz, de Shalka, de Borkut, de New Concord, de Tourinnes, d'Utrecht, etc. Le rapport FeMg se retrouve à peu près dans les roches du lac de Laach et dans les météorites du Tadjera et de Luotalaks.

Enfin, pour les silico-aluminates plus ou moins voisins de l'hypersthène, l'auteur trouve le rapport $Al\,R^{5-6}$ également dans des roches de Farsund et dans les météorites de Château-Renard, de Nashville, d'Uden ; le rapport $Al\,R^{12}$ dans l'île Saint-Paul et dans les météorites de Blansko, de New Concord, de Montréjeau, d'Utrecht ; enfin le rapport $Al\,R^{18}$ également au lac de Laach et dans les météorites de Borkut, de Kakowa, de Shergotty, de Tadjera, etc.

Comme conclusion des études résumées dans ce chapitre et dans le précédent, il convient de combiner les notions fournies par la Géologie à l'histoire des météorites avec celles que l'étude des roches cosmiques procure à la science de la Terre. Le résultat de ce rapprochement est résumé par la figure suivante (fig. 114) qui peut être considérée en définitive comme représentant la coupe idéale du globe terrestre.

1. *Abhandl. K. Akad. Wiss. zu Berlin*, 1870, p. 158.

On voit que l'ensemble des roches exclusivement météoritiques y constitue une

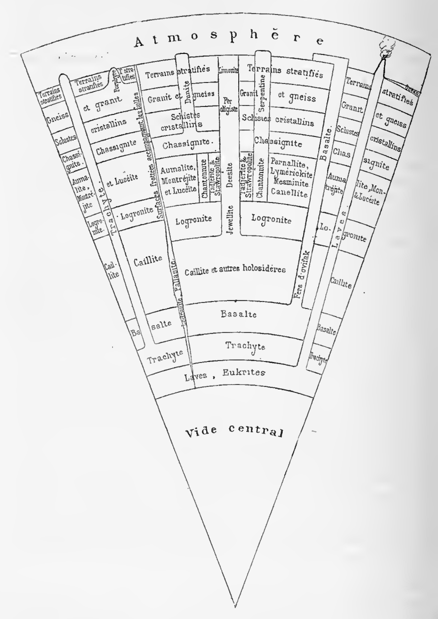


Fig. 114. — Coupe idéale du globe terrestre d'après les notions combinées de la Géologie proprement dite et de l'étude des météorites. L'épaisseur de la croûte terrestre est extrêmement exagérée par rapport au rayon du globe.

zone bordée en dessous comme en dessus par des zones de roches connues à la

surface de notre globe, et à première vue cette situation peut paraître étrange. Elle est, en tout cas, fort différente, comme on a vu, de la supposition émise par M. Boisse et reprise depuis lors par beaucoup de savants. Elle est fort différente aussi des conceptions de M. Roche, qui a fait sur la constitution interne du globe terrestre une série de remarquables travaux [1].

Cependant elle nous paraît pleinement justifiée par les considérations développées plus haut. On verra même qu'elle présente au point de vue de la Géologie comparée des conséquences très importantes.

Pour le moment il importe de montrer comment la conception nouvelle qui vient d'être présentée relativement à la structure des régions profondes de la Terre, serait de nature à fournir une contribution importante à la théorie volcanique [2].

Il semble, en effet, que le problème, poursuivi si longtemps en vain, de l'alimentation en eau des réservoirs volcaniques, peut être rattaché à l'exercice de deux phénomènes normaux dans la vie planétaire et dont la réalité est généralement admise :

La pénétration progressive de l'eau dans les régions profondes par suite du refroidissement séculaire du globe.

Et l'effondrement souterrain de portions de l'écorce que la contraction spontanée du noyau interne prive de leur appui.

Grâce au véhicule solide des roches qui la contient, l'eau d'imprégnation des

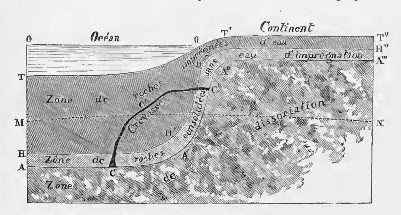


Fig. 115. — Coupe théorique d'une portion de l'écorce terrestre faisant comprendre comment les laboratoires volcaniques s'alimentent de vapeur, par l'intermédiaire des roches imprégnées d'*eau de carrière* et que des crevassements internes transportent brusquement dans les zones de dissociation.

assises inférieures passe ainsi brusquement dans les régions chaudes, où sa vaporisation et sa dissociation sont immédiadiates.

Le fait, sur lequel M. Faye a insisté, de l'épaisseur incomparablement plus grande de l'écorce solide sous les océans que sous les continents, place sur une même

1. Mémoire sur l'état intérieur du Globe terrestre, dans les *Mémoires de l'Académie des sciences de Montpellier*, t. X ; 1881.

2. Stanislas Meunier. *Comptes rendus*, séance du 26 novembre 1883.

profondeur (fig. 115) des régions où les roches sont imprégnées d'eau et d'autres dont la température est celle de l'ébullition et même de la dissociation. Le déplacement progressif des océans, par l'effet des bossellements généraux, doit déterminer le réchauffement des parties précédemment atteintes par les infiltrations et qui, sans changer de profondeur, deviennent ainsi le point de départ de dégagements de vapeur.

Des crevasses horizontales aux lieux d'épaississement auraient pour effet de précipiter brusquement dans la zone de dissociation des blocs imprégnés d'eau et le résultat serait, à l'échelle planétaire, celui des matériaux humides qui, pénétrant par accident sous les minerais fondus, déterminent parfois des explosions de hauts fourneaux.

IX

POINT DE VUE ASTRONOMIQUE.

Les météorites se révélant à nous comme des débris d'astres, il est indispensable de rechercher comment elles ont acquis leurs caractères actuels d'indépendance réciproque.

Ceci suppose, comme on va voir, des notions relatives aux divers astres qui composent le système solaire et qui sont réparties en une série remarquablement continue.

UNITÉ DE CONSTITUTION DU SYSTÈME SOLAIRE

Relativement au Soleil, on admet maintenant, conformément aux vues de M. Faye, qu'autour d'un *noyau central*, gazeux et relativement obscur, s'est condensée une sorte de poussière solide ou liquide, lumineuse grâce à son pouvoir rayonnant, et qui constitue la *photosphère*. Celle-ci se déchire de temps en temps par places sous l'action de tourbillons analogues aux cyclones terrestres. Elle laisse voir alors, par les ouvertures produites, le noyau gazeux et obscur, et on donne le nom de *taches* aux apparences qui en résultent. Sur la photosphère est une enveloppe gazeuse très peu dense dans laquelle se produisent des phénomènes spéciaux que nous décrirons ; on désigne cette enveloppe, à cause de sa nuance rose très vif, sous le nom de *chromosphère*. Enfin, tout autour de l'astre, et jusqu'à une immense distance, s'étendrait une énorme *atmosphère* dont l'étude est jusqu'ici peu avancée, et qui apparaît durant les éclipses sous la forme bien connue de l'auréole solaire. Secchi pense, en outre, que la photosphère et la chromosphère sont séparées par une couche dont le caractère essentiel serait de donner un spectre continu ; mais M. Lockyer nie énergiquement l'exactitude de ce résultat, qui devra être contrôlé.

Ces diverses parties du Soleil ont été soumises séparément à l'examen spectroscopique. La couche que nous venons d'appeler chromosphère donne un spectre qui, contrairement au spectre solaire ordinaire, est composé de raies brillantes : ce qui indique que cette couche est formée d'une matière gazeuse lumineuse. M. Lockyer y a reconnu[1], d'après la position des raies, outre la présence prédominante de l'hydrogène, qui avait été constatée par M. Janssen et les observateurs envoyés dans l'Inde à l'occasion de l'éclipse de 1868, le sodium, le baryum et le magnésium. On y trouve en outre une double raie jaune voisine de celle du sodium et que

1. *Comptes rendus*, etc., t. LXIX, p. 124.

M. Rayet a soumise à une étude spéciale, mais sans la rapporter à une substance déterminée.

Nous n'avons pas à nous arrêter à la couche à spectre continu dont l'existence n'est pas démontrée.

Vient la photosphère, c'est-à-dire la couche même d'où émanent la chaleur et la lumière que le Soleil répand à grands flots dans l'espace. C'est cette photosphère qui donne le spectre solaire proprement dit. Les innombrables *raies* obscures qui le sillonnent indiquent dans la source lumineuse l'existence d'un très grand nombre de corps qui, tous, résultat de la plus haute portée, existent sur la terre. Les plus nettement caractérisés sont le sodium, le fer, le magnésium, le cuivre, le zinc, le baryum, etc.

Le noyau interne étant obscur, ne peut fournir aucun résultat, mais, chos remarquable, l'étude spectroscopique des taches a donné[1] des faits différents de ceux que procure l'étude des régions voisines. Toutefois la différence réside, non pas dans la production de raies nouvelles, mais dans un renforcement très considérable de raies déjà connues : peut-être ces raies sont-elles simplement rendues plus visibles par la plus grande profondeur, des régions solaires qui les fournissent. Il faut pourtant ajouter qu'en beaucoup d'occasions on a constatédans le voisinage des taches le *renversement* des raies, c'est-à-dire la substitution de lignes brillantes aux lignes obscures.

L'analyse spectrale des étoiles autres que le Soleil a fourni à divers observateurs des résultats dont l'importance contraste avec l'absence de données tirées de l'emploi des télescopes. Tandis que dans ces appareils, même les plus puissants, les étoiles restent sans disque, à l'état de simples points brillants, elles manifestent dans le spectroscope des caractères d'où l'on peut conclure la notion de leur nature intime.

A première vue, les spectres des étoiles présentent les analogies les plus étroites avec le spectre solaire. Ils montrent, comme celui-ci pour le Soleil, que la lumière qui les produit émane d'une matière solide ou liquide chauffée au blanc intense, et qu'elle traverse une atmosphère de vapeurs absorbantes. De plus, on y retrouve les raies caractéristiques de corps simples connus sur la Terre, au moins pour la plupart. Cependant les différentes étoiles, observées jusqu'à présent, sont loin d'être identiques entre elles, au point de vue spectroscopique. Secchi, qui a fait de la spectroscopie stellaire une étude toute spéciale, a reconnu que les étoiles se rapportent pour la plupart à quatre types parfaitement tranchés[2]. Cependant quelques spectres, peu nombreux, au lieu de se ranger nettement dans ces catégories, semblent servir d'intermédiaires entre elles.

Les étoiles blanches, qui comprennent environ la moitié de celles qui brillent dans notre firmament, et entre autres Sirius, Véga, Altaïr, Regulus, Rigel, celles de la grande Ourse, à l'exception d'α, celles du serpentaire, etc., forment le premier type. Leur spectre est formé de l'ensemble ordinaire de sept couleurs interrompu par quatre grandes lignes noires, l'une dans le rouge, la seconde dans le vert-bleu, et les deux dernières dans le violet. Ces quatre raies appartiennent à l'hydrogène. Outre ces lignes fondamentales et très larges, on voit dans les étoiles les plus brillantes, comme Sirius, une raie noire très fine coïncider avec celle du

1. *Comptes rendus*, etc., t. LXVIII, p. 1082. et t. LXIX, p. 165, 579 et 652.
2. Le *Soleil*, par Secchi, p. 390.

sodium, et dans le vert des raies plus faibles qui appartiennent au magnésium et au fer. La particularité la plus frappante de ce type, c'est la largeur de certaines raies, largeur qui tendrait à prouver que la couche absorbante possède une grande épaisseur, et qu'elle est soumise à une pression considérable.

Le deuxième type est celui des *étoiles jaunes*, qui représentent à peu près un tiers du nombre total des astres visibles, et dont nous avons des exemples dans la Chèvre, Pallas, Arcturus, Aldébaran, α de la grande Ourse, Procyon, etc. Le spectre de ces étoiles est parfaitement semblable à celui de notre Soleil, c'est-à-dire qu'il est formé de lignes noires très fines et très serrées, occupant la même position que celles du spectre solaire. Ainsi, Secchi a trouvé dans le spectre d'Arcturus trente raies qui coïncident avec trente raies de Frauenhofer, c'est-à-dire que les étoiles jaunes ont la même composition que notre astre central et sont dans le même état physique que lui.

Le spectre du troisième type est assez extraordinaire. Il est composé d'un double système de bandes nébuleuses et de raies noires, α d'Hercule, β de Pégase, o de la Baleine, α d'Orion[1], Antarès, etc., en fournissent des exemples. En réalité, les raies noires fondamentales sont les mêmes que dans le deuxième type, mais en outre on trouve ici un grand nombre de bandes nébuleuses qui divisent tout le spectre et en font une espèce de colonnade. Ces bandes, dont la largeur et l'intensité sont très variables, établissent entre les étoiles de cette catégorie des différences assez sensibles. Chose curieuse, toutes ces étoiles, dont on connaît trente environ, sont variables, et Secchi pense que les zones spectrales qui viennent d'être citées dépendent des variations des étoiles, variations dues elles-mêmes à l'action plus ou moins absorbante des atmosphères. « L'analyse spectrale des différentes parties du Soleil nous a appris, dit l'astronome romain[2], qu'au fond des taches on obtient un spectre plus profondément rayé et traversé par des bandes noires, analogues à celles qu'on voit dans α d'Orion. » Nous pouvons conclure de cette remarque que les étoiles dont nous parlons (celles du troisième type) doivent leur spectre à une absorption analogue à celle qui se produit dans les taches du Soleil. Si donc notre Soleil se trouvait dépouillé de sa brillante photosphère et des feuilles ou grains lumineux qui recouvrent sa surface, il nous présenterait le même aspect que α d'Orion et les autres étoiles de la même catégorie. On peut penser que ces étoiles diffèrent de celles du deuxième type par l'épaisseur de leurs atmosphères et par le défaut de continuité de leurs photosphères ; elles auraient des taches variables comme celles du Soleil, mais dont les dimensions seraient incomparablement plus considérables.

Enfin le quatrième type, encore plus remarquable, se rapporte à de petites étoiles de *couleur rouge de sang* qui sont assez peu nombreuses. Leur spectre contient trois zones fondamentales, rouge, verte, bleue, qui ne peuvent pas se réduire à celles du type précédent par la suppression alternative d'une bande nébuleuse, car, quoique plusieurs lignes noires coïncident assez bien, la distribution de la lumière est tout à fait différente. Dans le troisième type, la lumière est plus vive dans les colonnes du côté rouge, tandis qu'elle est plus vive ici du côté opposé, c'est-à-dire

1. Voy. à propos d'α d'Orion le mémoire de Secchi, dans les *Comptes rendus*, etc., t. LXII, p. 591.
2. *Le Soleil*, 1re édition, p. 393.

du côté violet. Quelques-unes des raies noires les plus importantes coïncident à peu près avec celles du troisième type, et cependant le spectre dans son ensemble se présente comme un spectre direct appartenant à un corps gazeux. On y a reconnu les raies des composés du carbone, telles qu'on les obtient en produisant une série d'étincelles électriques dans un mélange de vapeur de benzine et d'air atmosphérique. Les étoiles de ce type sont très peu nombreuses et on en cite à peine une trentaine.

Plusieurs observateurs ont étudié le spectre de diverses planètes[1] : Jupiter[2], Saturne[3], Mars, Vénus, Neptune[4] et Uranus[5] ont été successivement examinés. Le résultat général a été la découverte, dans ces astres, de corps existant sur la Terre, sauf pour Jupiter, dont l'atmosphère a décelé la présence de substances inconnues dans la nôtre.

L'examen spectroscopique des anneaux de Saturne, qu'on peut regarder comme des satellites d'une forme spéciale, a donné des résultats analogues à ceux que la planète elle-même avait fournis.

Cependant les raies y sont moins fortement indiquées, et montrent que le pouvoir absorbant de l'atmosphère de ces anneaux est plus faible que celui de l'atmosphère qui entoure le globe de la planète[6].

On n'a pas soumis la lumière zodiacale à une étude spectrale approfondie. L'opinion la plus générale est qu'elle consiste en une matière météoritique ou en une matière cométaire qui se dirige lentement vers le Soleil.

L'analyse prismatique des comètes prouve que leur substance est identique à celle des nébuleuses gazeuses. Dès 1864, M. Donati trouva que le spectre d'une comète apparue cette année-là était formé de trois raies brillantes, verte, jaune et rouge, séparées par des lacunes. Depuis, M. Huggins[7] observa dans une autre comète l'existence simultanée de deux spectres, dont l'un, très faible et continu, fourni par la chevelure, montra que celle-ci devait sa visibilité à la lueur réfléchie du Soleil, et dont l'autre, dû au noyau, lumineux par lui-même, consistait en une raie brillante. De nombreuses observations faites par divers savants sur les comètes de Tempel[8], de Brorsen[9], de Winnecke[10], etc., ont donné lieu à des découvertes analogues. Le dernier de ces astres a présenté à Secchi des raies qui coïncidaient avec celles qui caractérisent le carbone.

On a commencé l'étude spectrale des étoiles filantes, et naturellement on s'est d'abord préoccupé des bolides que leur gros volume rend plus commodes à observer. M. Alexandre Herschel a fait connaître le spectre de plusieurs de ces météores, et il y a signalé divers faits intéressants.

Le plus remarquable est la présence du sodium en vapeurs dans la traînée de divers bolides.

1. *Le Soleil*, 1re édition, p. 342.
2. *Comptes rendus*, t. LIX, p. 309.
3. *Ibid.*, t. LVI, p. 543 et 1167.
4. *Ibid*, t. LXIX, p. 1050.
5. *Ibid.*, t. LXVIII, p. 761.
6. *Ibid.*, t. LV, p. 92 et 751.
7. *Analyse spectrale des corps célestes*, par William Huggins.
8. *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 210.
9. *Ibid.*, t. LXVI. p. 881, 1209, 1111, 1188.
10. *Ibid.*, t. LXVI, p. 1299 et 1336.

Plusieurs nébuleuses ont pu être soumises au spectroscope [1]. Nous ne parlons, bien entendu, que des nébuleuses *irrésolubles*, les autres ne pouvant point être distinguées des étoiles dont elles sont de simples amas. Depuis plus de 150 ans, les astronomes étaient très préoccupés de déterminer la véritable nature des nébuleuses. Après les beaux travaux d'où William Herschel avait conclu que ces masses sont formées de matière cosmique accumulée, les perfectionnements des appareils optiques avaient résolu en étoiles un très grand nombre de nébuleuses considérées comme homogènes, et l'on put douter qu'il y eût vraiment des nébuleuses irrésolubles. Il paraissait même bien difficile d'arriver jamais à la solution du problème, puisqu'on pouvait toujours supposer un appareil plus puissant que celui dont on disposait. Cependant la question fut complètement élucidée par M. William Huggins qui, au mois d'août 1864, examinant au spectroscope la nébuleuse désignée dans les catalogues par le signe 37, H, IV, du Dragon, reconnut, au caractère de son spectre, exclusivement formé de trois raies brillantes, que la lumière de cet astre n'émane pas d'une substance solide ou liquide, mais d'un gaz lumineux. En outre, la position des raies dans le spectre devait, d'après ce qu'on a vu, faire connaître la composition de ce gaz. Les mesures prises au micromètre montrèrent que la plus brillante de ces raies occupe une position très voisine de l'une des raies les plus nettes du spectre de l'azote ; une deuxième ligne correspondait à l'une de celles de l'hydrogène ; quant à la troisième, elle était très voisine de celle du baryum, mais ne coïncidait pas absolument avec elle, et l'on doit se demander si elle indique un élément inconnu ou simplement un état particulier de l'un de nos corps simples. Outre ces raies brillantes, signes d'un gaz incandescent, on voit un spectre continu extrêmement faible. Ce spectre n'a pas de largeur apparente, et doit par conséquent provenir d'une lumière diffuse et peu intense qui semble correspondre au centre de la nébuleuse. Celle-ci a donc un noyau, premier degré, sans doute, de la condensation qui la transformera en soleil.

En somme, il résulte de l'énumération qu'on vient de lire que, sauf quelques indications spectrales douteuses, les astres n'offrent guère que les corps simples existant sur la Terre. Beaucoup des éléments connus dans nos laboratoires ne se montrent pas dans les spectres astronomiques; mais on ne saurait sans témérité conclure à leur absence plutôt qu'à leur rareté ; et l'on avouera que les faits qui précèdent fournissent un argument bien décisif au principe de l'unité de la constitution de l'univers.

Une conclusion pareille va nous être fournie par l'examen de la composition minéralogique des astres, quelque incomplet que cet examen soit encore à présent.

Ajoutant une merveille à celles qu'on lui devait déjà, l'analyse spectrale donne dans quelques cas le moyen de reconnaître dans les corps célestes l'existence de composés définis ou, si l'on veut, d'*espèces minéralogiques*.

Ainsi, on a pu affirmer, d'après l'étude de leurs spectres, que le Soleil et quelques étoiles renferment de la vapeur d'eau [2]. Il y a même des étoiles, et le Soleil est du nombre, qui contiennent certains gaz composés que Secchi était conduit à rapprocher de quelques hydrocarbures et spécialement de la vapeur de benzyle [3].

1. Voy. les mémoires de Secchi dans les *Comptes rendus*, t. LVI, p. 543 et 1167.
2. *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 350.
3. *Ibid*, t. LXVIII, p. 1086.

L'atmosphère de Jupiter et celle de Saturne ont donné à M. Janssen le spectre caractéristique de la vapeur d'eau.

La détermination des roches qui entrent dans la composition des astres est extrêmement difficile ; aussi sommes-nous encore bien incomplètement renseignés sur cet important sujet.

Nous trouvons à citer d'abord les notions acquises sur Mars, où l'on a reconnu la présence de continents, de mers et de glaces polaires ; car l'eau est une roche au même titre que le granit ou le calcaire.

Pour la Lune, les données sont un peu plus précises, et il est certain que l'on trouverait les analogies des roches lunaires parmi nos roches volcaniques, les unes poreuses et scoriacées, sans doute trachytiques, qui constituent les cratères ; les autres lisses, unies, épanchées comme nos trass et les déjections de nos volcans. Les grands cirques ont une physionomie qui portait H. Lecoq à les comparer aux escarpements de porphyre.

Le même jour, jeté d'une façon si inégale sur la composition chimique, minéralogique et lithologique des astres, s'est étendu dans quelques cas à leur constitution géologique, c'est-à-dire à la manière d'être relative des diverses roches qui les composent.

Un des corps célestes qui ont donné les résultats les plus nets est le Soleil, dont nous avons déjà énuméré les différentes couches superposées. On a vu que sur un noyau obscur, et sans doute gazeux, repose une enveloppe liquide ou même solide, qui doit à son état physique le vif éclat qu'elle répand et qu'on a voulu rappeler en la nommant *photosphère*. Sur la photosphère, et peut-être séparée d'elle par une substance que caractérise un spectre continu, se trouve la *chromosphère*, formée d'un gaz incandescent et qui est enveloppée elle-même par une immense atmosphère.

Si nous passons aux planètes, nous trouvons une structure toute différente, que l'étude de la Terre nous dévoile, au moins pour ses parties externes. La Terre présente, comme on sait, sur un noyau central, soustrait par sa situation à nos recherches directes, mais que divers faits, développés ailleurs, nous conduisent à regarder comme fluide, un épais revêtement de roches dont on a le type dans le granit des trottoirs. Cette croûte se brise de temps en temps et laisse échapper, sous forme de filons, un certain nombre de roches *inférieures*, auxquelles on donne le nom d'*éruptives*, et parmi lesquelles les plus connues sont le *porphyre*, la *serpentine*, etc.

Des éruptions plus ou moins analogues ont lieu encore aujourd'hui, et avec un appareil spécial qui porte le nom de *phénomènes volcaniques* : le *basalte*, le *trachyte*, etc., ont une origine de ce genre.

Dans certains cas ces exsudations de roches sont remplacées par des *exhalaisons gazeuses* ou par des *sources thermales*. Celles-ci, suivant leur nature, se condensant ou précipitant parfois le long des parois de la crevasse qui leur livrait passage, les substances qu'elles dissolvent ont donné naissance à ces *filons métallifères* dont la recherche et l'exploitation constituent le travail du mineur. Sur le revêtement granitique, et par suite de l'action des eaux, se sont empilés successivement de très nombreux dépôts, auxquels on donne le nom général de *terrains stratifiés* et qui, par les restes appelés *fossiles* qu'ils renferment, nous renseignent sur les êtres vivants qui nous ont précédés sur la Terre.

L'*Océan* forme comme un revêtement superposé aux sédiments, et d'où ils émergent par place sous forme de continents; de même l'*Atmosphère* ou océan aérien peut être considérée comme formant la couche la plus externe du globe.

Grâce à sa proximité et à la transparence de son atmosphère, la surface de Mars a pu être soumise à un examen approfondi. On y a reconnu comme sur la Terre des continents et des océans.

Même, M. Proctor[1] signale comme une des plus remarquables particularités de cette planète le grand nombre des passes longues et étroites et des mers en *goulots de bouteille* (*bottle-necked*). Cette disposition diffère essentiellement de tout ce que l'on connaît sur la Terre. Ainsi, la passe d'Huggins est un long courant fourchu, beaucoup trop grand pour qu'on puisse le comparer à aucune rivière terrestre. Il s'étend sur 3000 milles anglais environ et joint la mer d'Airy à celle de Maraldi. La passe de Bessel est presque aussi longue. Un autre canal, que les cartes désignent sous le nom de Nasmyth, est encore plus remarquable : commençant près de la mer de Tycho, il coule vers l'est, parallèlement à elle et à celle de Beer, puis se courbe brusquement vers le sud et, s'élargissant alors, forme le fond de la mer de Kaiser.

Les mers en goulots de bouteille ou lacs constituent un trait singulier de la planète Mars. Celles que réunit le canal d'Oudemann forment une paire très remarquable.

On en voit deux autres qui se ressemblent encore bien plus entre elles : elles sont séparées de l'océan Delarue par un isthme courbe si étroit que, n'étaient ses vastes dimensions, on serait tenté de voir dans tout cet ensemble le résultat d'un travail artificiel. Mais chacune des deux mers a 3000 milles de long et 130 milles de large; un canal qui les réunit à l'océan Delarue n'a pas une longueur moindre de 250 milles.

On sait que sur la Terre les océans ont trois fois la surface des continents, et l'on doit noter que l'Europe, l'Asie et l'Afrique forment ensemble une seule grande île, tandis qu'une autre île consiste dans la réunion des deux Amériques. Or, sur Mars il existe une disposition tout à fait différente. D'abord, il y a une égalité presque complète entre les surfaces occupées par les continents et par les mers, et, en second lieu, ceux-ci sont mêlés les uns aux autres de la manière la plus compliquée. C'est au point qu'un voyageur pourrait, soit par voie de terre, soit en bateau, visiter presque tous les quartiers de la planète sans avoir à quitter l'élément sur lequel il aurait commencé son voyage.

Un trait caractéristique de la structure de la Terre consiste dans l'existence de montagnes ; on observe des accidents du même genre à la surface de Mars, de Mercure et de Vénus. Pour Mercure, dont l'étude est très gênée par la proximité du Soleil, on a reconnu la présence d'une montagne à ce fait que le croissant présenté par la planète dans certaines de ses phases n'a pas ses deux parties également aiguës; l'une d'elles, la méridionale, s'émousse sensiblement et présente une véritable troncature. Il est indiqué, en effet, pour rendre compte de cette inégalité des cornes, d'admettre que près de la pointe sud il existe une montagne très élevée qui arrête la lumière du Soleil, et l'empêche d'aller jusqu'au point que la

1. *Scientific Review* du 1er mars 1869.

corne aiguë aurait occupé sans cela. L'étendue de cette troncature peut servir à calculer la hauteur de la montagne qui la produit. Cette hauteur a été trouvée égale à 5 lieues de 4 kilomètres; c'est la 125e partie à peu près du rayon de la planète. Cette montagne est donc extrêmement grande si on la compare à celles qui existent sur la Terre.

Pour Vénus, les résultats sont bien plus nets, et l'on est autorisé à dire que sa surface est couverte de hautes montagnes[1]; souvent en effet les cornes des croissants sont tronquées et leurs bords dentelés comme ceux des croissants lunaires. Les plus hautes de ces montagnes sont cinq fois plus élevées que les plus hautes montagnes de la Terre; leur hauteur atteint 44 kilomètres.

De même que la Terre, ces planètes sont enveloppées d'une atmosphère. On remarque même que celle-ci est plus épaisse dans Mercure que dans Vénus et surtout que dans Mars. Les petites planètes situées entre Mars et Jupiter se distinguent des précédentes sous ce rapport par l'absence de toute enveloppe gazeuse.

Autant qu'on en peut juger dès maintenant, les planètes les plus éloignées du Soleil semblent avoir une constitution différente de celles des planètes dites inférieures. Ainsi, Jupiter et Saturne se comportent comme des masses qui seraient liquides; et Uranus et Neptune, peut-être faiblement lumineuses par elles-mêmes, donnent des spectres tout à fait pareils à ceux que produisent les comètes et les nébuleuses irrésolubles; c'est-à-dire qu'elles se présentent comme des corps gazeux.

Dans la Lune on reconnaît sans peine une constitution essentiellement volcanique; mais outre les cratères ou *puys*, pour employer l'expression consacrée en Auvergne, on a pu observer à la surface de notre satellite de larges surfaces unies ou peu accidentées que l'on désigne sous la dénomination, sans doute fort impropre, de *mers*. Dans quelques régions on a pu constater, à des signes plus ou moins nets, une espèce de stratification.

Certains observateurs ont signalé des corrosions manifestes, analogues à celles que produit l'Océan, et le pouvoir que possèdent diverses plaines de polariser fortement la lumière a conduit à supposer qu'elles peuvent bien être remplies par des glaciers.

Il n'existe dans la Lune aucune trace d'atmosphère. Voici comment on s'en est assuré : lorsqu'on fait l'observation du spectre d'une étoile un peu avant son occultation par le bord sombre de la Lune, ou au moment de cette occultation, on peut espérer de saisir quelque phénomène caractéristique du passage de la lumière de l'étoile à travers l'atmosphère lunaire. Car s'il existe une telle atmosphère, qui puisse, soit par les substances dont elle est composée, soit par les vapeurs tenues en dissolution exercer une absorption élective sur la lumière de l'étoile, cette absorption doit être indiquée par l'apparition dans le spectre de nouvelles raies sombres, immédiatement avant son occultation par la Lune. Or, M. Huggins[2], partant de ces idées, a observé avec le plus grand soin la disparition du spectre de l'étoile ε des Poissons lors de son occultation le 4 janvier 1865, mais il n'a découvert

1. *Astronomie populaire d'Arago*, t. II, p. 524.
2. *Analyse spectrale des corps célestes.*

aucun signe d'absorption lunaire. On doit donc conclure que notre satellite ne possède pas d'atmosphère.

En résumé, la constitution des diverses parties de l'univers physique, autant que nous pouvons en juger dès à présent, n'est pas aussi variée qu'on aurait pu le croire *à priori* : elle tend à reproduire un même plan général sur des échelles différentes. Certes les nébuleuses et notre globe diffèrent beaucoup sous le rapport de la constitution, et pourtant nous avons la preuve que de mêmes forces s'y exercent et qu'un certain nombre d'éléments leur sont communs. Les étoiles, ou du moins les plus brillantes, offrent avec le Soleil, malgré l'énorme distance qui les en sépare, des traits de ressemblance tels qu'il est bien probable qu'elles ont une constitution tout à fait analogue à la sienne. De même les nébuleuses irrésolubles sont formées de gaz fort analogues à ceux qui constituent les comètes et les étoiles filantes, gaz qui font aussi partie de notre planète, ne serait-ce que pour y avoir été apportés par ces derniers météores.

Cette unité de constitution dispose l'esprit à les regarder comme issus d'une même origine. Voyons si l'étude des phénomènes qu'ils présentent fortifiera ou infirmera cette première conclusion.

Les phénomènes dont les astres ont été, ou dont ils continuent d'être le théâtre, n'ont pu être étudiés encore que d'une manière très incomplète. Dans la plupart des cas, nous ne voyons en effet des corps célestes que la partie la plus extérieure. Par conséquent, les forces qui s'exercent dans ces corps ne nous donnent prise sur elles que par un petit nombre de leurs manifestations. Cependant, et par exception, les météorites nous procurent des renseignements sur des régions habituellement cachées à nos regards ; de sorte qu'en somme, malgré la nouveauté de ces études, l'ensemble des faits acquis présente déjà beaucoup d'intérêt.

Parmi les actions géologiques, la plus manifeste sur les astres est due à un foyer de chaleur situé dans les profondeurs de ces astres. Cette chaleur interne a produit des éruptions, des soulèvements, des actions métamorphiques qu'on peut étudier en divers points de l'espace céleste ; et comme on observe en ces localités différentes des effets inégalement avancés de son action, la comparaison entre ces effets permettra sans doute de déterminer plus tard, avec beaucoup de précision, les lois qui en régissent la cause.

Les phénomènes éruptifs s'observent de toutes parts ; mais c'est sur le Soleil qu'ils ont le plus de développement, et tout le monde connaît les belles études dont ils ont été récemment l'objet de la part de MM. Janssen[1], Lockyer[2], Respighi[3], Secchi[4], Zollner[5], etc. Le résultat capital de ces recherches est que les *protubérances*, c'est-à-dire ces singuliers appendices lumineux observés pendant les dernières éclipses totales, et sur la nature desquels on ne savait absolument rien, sont de tumultueuses éruptions de substances, violemment expulsées par les régions profondes de l'astre. On dirait une matière gazeuse, lancée verticalement dans un espace

1. *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 93, 181, 245, 312, 314, 713 et 715.
2. *Ibid.*, t. LXIX, p. 122.
3. *Atti del Academia dei Nuovi Lincei.* 5 décembre 1869.
4. *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 1245.
5. *Ibid.*, t. LXIX, p. 689.

rempli par une atmosphère très peu dense, s'y épanouissant et retombant ensuite lentement en affectant les formes les plus capricieuses.

Les perfectionnements apportés aux procédés de l'analyse spectrale ont permis de reconnaître, lors de la formation des protubérances, l'injection de certaines vapeurs telles que celles du magnésium et du fer. Suivant MM. Frankland et Lockyer[1], ces vapeurs n'atteignent d'habitude qu'une très faible hauteur dans la chromosphère; cependant, dans de rares occasions, ces observateurs ont constaté que la vapeur de magnésium peut former des nuages flottant au-dessus de la photosphère et complètement séparés de celle-ci.

Le fait de l'injection gazeuse dont les protubérances sont le siège est encore mis en évidence par les mesures de précision que les mêmes savants sont parvenus à prendre à l'aide du spectroscope, et dont ils ont contrôlé l'exactitude par des essais faits dans le laboratoire sur des gaz comprimés artificiellement à un degré rigoureusement connu[2].

Il parait démontré que le phénomène protubérantiel est étroitement uni à celui des taches. Les faits les plus saillants à cet égard sont dus à M. Respighi, qui a montré par la comparaison de photographies prises tous les jours pendant deux mois, qu'on ne voit jamais de protubérances dans le voisinage immédiat des pôles. Elles commencent plus près de ces points que les taches, mais, de même que les taches, elles n'y atteignent pas. De plus, et contrairement à l'apparence, M. Respighi a constaté que les protubérances ne sont pas toujours des phénomènes aussi changeants qu'on l'a cru : il en a vu persister sur le même point pendant plusieurs jours, d'où il résulte jusqu'à l'évidence qu'elles sont liées à des actions internes du globe solaire. A ces faits on doit ajouter ceux annoncés par Secchi. L'astronome romain a trouvé dans le voisinage des taches, quelle que soit leur situation sur le disque solaire, les raies caractéristiques de leurs protubérances[3].

De son côté, M. J. Chacornac n'hésite pas à comparer les taches solaires à nos dislocations géologiques. Suivant lui, à l'origine, les taches d'un même groupe se montrent séparément, puis, lorsque la puissance des forces éruptives a acquis un certain degré, les lignes de dislocation apparaissent, indiquant la relation qui existe entre tous les cratères d'un même groupe. « Or, dit-il, il est bien remarquable que ces orifices d'éruptions soient situés aux extrémités des lignes de grandes dislocations, ainsi que les vallées circulaires d'élévation aux extrémités d'une brisure de l'écorce terrestre[4]. »

Bien que leur distance les dérobe à une observation complète, les étoiles montrent dans certains cas des phénomènes éruptifs analogues à ceux du Soleil : au moins ne peut-on pas expliquer autrement les apparences qu'elles nous offrent. C'est ce qui a lieu tout spécialement pour les étoiles temporaires. L'existence d'un gaz chaud qui les enveloppe, la soudaineté de l'explosion de leur lumière, la diminution rapide de leur éclat, ont conduit M. Huggins à penser que l'astre s'est trouvé subitement enveloppé des flammes de l'hydrogène incandescent. « Il pourrait se faire que cet astre, dit le savant anglais parlant de l'étoile τ de la Couronne, ait été le siège de

1. *Comptes rendus*, t. LXIX, p. 264.
2. *Ibid.*, t. LXVIII, p. 420 et t. LXIX. p. 452.
3. *Ibid.*, t. LXVIII, p. 237.
4. *Ibid.*, t. LXII, p. 1095.

quelque grande convulsion avec dégagement énorme de gaz mis en liberté. Une grande portion de ce gaz était de l'hydrogène, qui brûlait à la surface de la planète en se combinant avec quelque autre élément. Ce gaz enflammé émettait la lumière caractérisée par le spectre à raies brillantes ; le spectre de l'autre portion de la lumière stellaire pouvait indiquer que cette terrible déflagration gazeuse avait surchauffé et rendu plus vivement incandescente la matière solide de la photosphère. Lorsque l'hydrogène libre eut été épuisé, la flamme s'abattit graduellement, la photosphère devint moins lumineuse et l'étoile revint à son premier éclat[1].

On admet généralement que des phénomènes éruptifs se produisent dans les comètes. L'observation de ces astres paraît montrer que la chevelure et la queue sont formées de matières issues du noyau. D'après M. Huggins, l'ordre ordinaire des phénomènes qui accompagnent la formation d'une queue semble être celui-ci : d'intervalle en intervalle, de la matière serait projetée par le noyau dans la direction du Soleil ; elle ne se dispose pas tout aussitôt en queue, mais forme d'ordinaire, en avant du noyau, un nuage lumineux intense, au sein duquel, pendant un certain temps, la substance du noyau continuerait à pénétrer sous forme de courant. On voit naître de la sorte une succession d'enveloppes dont la matière se dispose plus tard dans une direction opposée au Soleil et finit par former la queue. Habituellement on observe entre ces enveloppes des espaces de couleur plus sombre et, d'après M. Faye, les queues multiples s'expliqueraient par la présence dans les atmosphères cométaires de substances de densités très diverses[2].

Toutefois, M. Tyndall voit dans les queues des comètes le résultat d'actions toutes différentes qui lui ont été révélées par des expériences de laboratoire[3]. Dans le cours des recherches bien connues sur la décomposition des vapeurs par la lumière, l'auteur a été conduit à constater qu'une quantité de substance à peine appréciable, quand elle est diffusée sous forme de nuage, peut émettre, par réflexion, une masse de lumière considérable, et qu'en particulier une matière d'une ténuité presque infinie, et qu'il faudrait probablement multiplier par des millions pour qu'elle pesât autant que l'air qui la renferme, est apte à émettre une lumière bien plus intense que celle de la queue des comètes. Partant de là, M. Tyndall pense qu'une comète est formée de vapeurs susceptibles d'être décomposées par les rayons solaires ; la tête visible et la queue seraient un nuage résultant de cette décomposition. Dans cette théorie, et c'est le fait important pour nous, la queue ne consisterait pas en une matière projetée par la comète, mais bien en une matière précipitée par le faisceau des rayons solaires qui traversent l'atmosphère. On prouve expérimentalement que cette précipitation peut avoir lieu lentement le long du faisceau ou instantanément sur toute sa longueur, de façon que la rapidité prodigieuse avec laquelle la queue se développe s'expliquerait sans qu'on fût forcé de recourir aux mouvements inconcevables de translation admis jusqu'à présent.

Nul doute que les phénomènes éruptifs ne s'exercent sur les planètes, au moins sur les plus voisines de la nôtre. On sait en quoi ils consistent sur la Terre ; la

1. *Analyse spectrale de corps célestes.*
2. *Comptes rendus*, t. LIII, p. 264.
3. *Archives des sciences physiques*, décembre 1868 et février 1869.

croûte solide se crevasse par places, sous l'influence des réactions mécaniques auxquelles elle est soumise ; puis par ces crevasses ou *failles* s'élèvent des matériaux sous-jacents qui, à cause de cette origine, prennent le nom spécial de roches éruptives. Les espèces de murs souterrains que ces roches forment ainsi, se présentent sous des formes variées, dont les principales sont désignées sous les appellations de *filons*, de *dykes*, de *culots* ou de *typhons*.

Les phénomènes volcaniques se montrent sur la Lune avec une netteté admirable : « C'est sur la Lune, a dit M. Faye, que les géologues pourraient étudier les phénomènes plutoniques dans toute leur pureté. »

Les cirques volcaniques y sont plus profonds que sur la Terre, et cela tient sans doute à la faible valeur de la pesanteur sur notre satellite et à l'expansion, dès lors très puissante, des corps gazeux qui ont déterminé ces explosions. Les mêmes causes ont déterminé sur la Lune le nombre considérable et l'étendue des cavités cratiformes dont elle est couverte. On a compté jusqu'à 50 000 de ces cratères, et il doit en exister certainement une grande quantité dont le diamètre est trop petit pour que nous puissions les apercevoir.

Parmi ces cirques, nous devons citer d'une manière toute particulière la montagne de Copernic, qui atteint 3400 mètres, c'est-à-dire environ la hauteur de l'Etna, et qui a été étudiée avec soin par Secchi. Elle offre une double enceinte annulaire de montagnes ; l'extérieure, qui est la plus basse, se présente avec un diamètre de 87 kilomètres, et l'intérieure, à bords plus élevés, a un diamètre de 69 kilomètres ; c'est sur cette enceinte que se trouve le pic, élevé de 3400 mètres. Le fond ou l'intérieur du cratère a 36 kilomètres ; il présente lui-même une triple enceinte de rochers brisés, et un grand nombre de gros fragments amoncelés au pied de l'escarpement semblent avoir été détachés des montagnes environnantes. Le cratère présente deux grandes échancrures ou plutôt deux crevasses aux extrémités du diamètre nord-sud.

Les cirques de la Lune ont une grande analogie avec les cirques et les montagnes volcaniques de l'Auvergne et d'autres régions du globe terrestre. Ainsi, la montagne de Copernic a pu être comparée par Secchi aux cratères volcaniques des environs de Rome, et Henri Lecoq[1] y voit l'analogue des montagnes trachytiques du Puy de Dôme. De même, suivant la remarque de ce géologue, le grand cratère d'Aristillus est entouré, dans toute sa partie sud extérieure, de plusieurs séries d'obélisques plus élevés que les roches Tuillière et Sanadoire du mont Dore, dont les masses énormes ont de la ressemblance avec les pics démantelés du volcan lunaire. Une montagne qui peut être de la même nature lithologique que les bords du cirque, puis une autre plus petite à côté, occupent la plaine unie du fond du cratère. La hauteur de ces deux montagnes est à peu près celle dont les deux Puys de Dôme, le grand et le petit, s'élèvent au-dessus de la plaine environnante. L'aspect de ces grandes roches du cirque d'Aristillus rappelle la belle vallée de Chaudefour au mont Dore.

Certains cirques de l'Auvergne peuvent, pour la dimension, rivaliser avec les petits cratères de la Lune, par exemple le cirque du Cantal.

En terminant son intéressante notice, Lecoq signale encore d'autres rappro-

1. *La Lune et l'Auvergne.*

chements remarquables entre la surface de la Lune et diverses régions de la Terre[1]. « M. Charles Sainte-Claire Deville, dit-il, trouverait certainement de l'analogie entre les cirques et les pitons de la Lune et ceux qu'il a si nettement tracés sur sa belle carte de la Guadeloupe. Quand on examine l'admirable plan de l'Etna dessiné par M. P. de Waltershausen, et gravé avec une rare perfection par Cavallari, on se croit transporté aux environs du grand cratère Tycho, sur la Lune. Une foule de détails et de petits accidents lunaires se retrouvent sur la fidèle image du grand volcan de Sicile. Les volcans de Bolivie, en Amérique, et les restes de l'ancien lac qui occupait le cirque allongé autour duquel ils ont surgi, ont aussi leurs analogues sur la Lune. L'Islande peut être comparée à plusieurs groupes de ses petits cratères. Santorin et les îles voisines ont encore la forme d'un de ses grands soulèvements. Le cirque des îles Barren, avec son piton en activité, semble avoir été copié sur notre satellite. L'île de Palma, aux Canaries, est un véritable cratère lunaire. La grande Caldera de Ténériffe, son pic gigantesque et les pustules volcaniques qui l'entourent, semblent aussi appartenir aux régions les plus bouleversées de la Lune. »

Les phénomènes de soulèvement sont très fréquents dans presque toutes les régions de notre globe, et c'est à eux que doivent leur constitution la plupart des chaînes de montagnes caractérisées. On sait que les deux versants de ces chaînes consistent chacun en une série identique de terrains d'âges différents, superposés et relevés de part et d'autre de la crête, et que l'axe de la chaîne est formé par des roches cristallines. Cette disposition ne peut s'expliquer qu'en admettant que les couches contemporaines, actuellement séparées sur les deux versants, se rejoignaient de manière à ne former qu'un dépôt horizontal produit sur un fond de mer, et que leur séparation et leur redressement en sens inverse sont dus à une fracture suivie d'un soulèvement. Quant à la cause de celui-ci et des ruptures qui ont dû nécessairement le précéder, on l'attribue généralement à l'inégale contraction que le refroidissement a fait subir, dans les temps géologiques, à la masse fluide intérieure et à la croûte solide, qui ne formait à sa surface qu'une mince enveloppe. On suppose que cette croûte se contractait moins que la masse fluide et que, à diverses reprises, il a dû se faire entre ces deux parties du globe terrestre des vides qui ont amené la fracture et le plissement de la croûte; celle-ci venant alors à s'appuyer sur la masse intérieure, il en est résulté une pression qui a déterminé une partie des matières en fusion à monter et à remplir les fentes où elles se sont ensuite consolidées, et souvent ont cristallisé, servant ainsi de base et d'appui aux terrains stratifiés, inclinés de part et d'autre en sens inverse.

Dans un travail qui fait époque, Élie de Beaumont a cherché à démontrer que les soulèvements affectent à la surface de la Terre une certaine symétrie; ils se seraient effectués suivant des arcs de grands cercles de la sphère, et dessineraient à sa surface, pour employer le terme consacré, un réseau pentagonal. On observe d'ailleurs, suivant lui, que généralement les chaînes de montagnes du même âge géologique sont parallèles et que celles qui offrent des directions différentes appartiennent à des époques distinctes.

En dehors de notre globe, c'est sur la Lune qu'on observe les faits les plus nets

1. *Loc. cit.*, p. 35.

quant aux soulèvements et aux chaînes de montagnes[1]. Souvent celles-ci sont gigantesques; les pics de Daerfels et de Leibniz atteignent 7824 mètres, c'est-à-dire la même hauteur que le Jawahir dans l'Himalaya. Dans cette chaîne terrestre, trois pics seulement dépassent la hauteur des montagnes lunaires qu'on vient de nommer, et le plus élevé de tous, le pic Everest, arrive à 8837 mètres. Or, il suffit de rappeler que cette dernière montagne n'est que la 1440e partie du diamètre de la Terre, tandis que le pic de Leibniz est la 470e partie du diamètre de la Lune, pour montrer la différence dans l'intensité des actions bouleversantes. On se rappelle aussi que les montagnes de Mercure et de Vénus sont, de même, beaucoup plus élevées que les montagnes terrestres.

Élie de Beaumont a présenté à l'Académie des sciences deux notes de M. Montani, ayant pour but d'établir que les lois de distribution des chaînes montagneuses, suivant la symétrie pentagonale, s'étendraient aux montagnes de la Lune et à celles de Mars[2]. Sans aller jusqu'à affirmer cette symétrie spéciale, très vraisemblable dans les chaînes lunaires, il faut remarquer avec H. Lecoq la tendance que présentent les accidents de notre satellite à affecter la direction nord-sud.

Il faut ajouter, pour compléter l'énumération des phénomènes observés dans la Lune que, d'après Schrœtter, on y distingue les traces de plusieurs couches horizontales analogues à nos nappes basaltiques, couches qui sont superposées dans les grands creux comme Clavius, Agrippa, Scheiner, Arzachel, et surtout Copernic. De même, John Herschel est parvenu à apercevoir çà et là des divisions semblables à celles qui sur la Terre marquent les dépôts successifs et superposés de matières volcaniques.

Résumant les faits jusqu'ici connus, M. Chacornac a tenté de restaurer l'histoire géologique de la Lune. Pour bien comprendre le tableau qu'il en a tracé, il faut rappeler la distinction à établir entre les deux sortes de sols qui caractérisent la surface de notre satellite. La première constitue ce qu'on a nommé dès le début des études lunaires le *sol continental :* c'est le sol des régions montagneuses qui recouvrent presque toute la partie australe de l'hémisphère visible. La seconde sorte constitue les *mers*, dont la couleur sombre et la surface nivelée leur donnent, suivant l'expression de John Herschel, toutes les apparences des plaines d'alluvion.

Ceci posé, voici comment, suivant M. Chacornac, les phénomènes se seraient succédé à la surface de la Lune[3]. A l'origine, l'écorce solide du satellite était peu résistante; et comme elle n'avait pas encore été bouleversée par des secousses, elle devait présenter dans tous ses points à peu près la même homogénéité et la même épaisseur. La force expansive des gaz, agissant alors perpendiculairement aux couches superficielles et suivant les lignes de moindre résistance, durent briser l'enveloppe et produire des soulèvements de forme circulaire. C'est sans doute à cette période qu'il faut rapporter la formation des immenses circonvallations dont l'intérieur est aujourd'hui occupé par les plaines appelées mers. Succédant à cette période primitive, une sorte de diluvium général ou d'épanchement boueux aurait

1. Voy. une note d'Élie de Beaumont dans les *Comptes rendus*, t. XVI. p. 1033.
2. *Comptes rendus*, t. LVI, p. 482 et 807.
3. *Note sur les apparence de la surface lunaire.*

enseveli sous une masse brune plus des deux tiers de la surface visible de la Lune, rempli le fond de tous les grands cratères, et, d'une extrémité à l'autre, se serait étalé sensiblement sur un même niveau.

D'autres soulèvements se produisirent ensuite; mais, survenus à une époque où la croûte du globe lunaire avait acquis une plus grande épaisseur, ou encore provenant de forces élastiques moins considérables, ils donnèrent lieu aux plus grands cirques, déjà bien inférieurs aux formations primitives : telle paraît être l'origine des cirques de Shickardt, de Grimaldi, de Clavius. A leur suite apparurent une foule de cirques de dimensions moyennes, dont les enceintes couvrirent le sol tout entier de la Lune, et qui se produisirent au sein même des circonvallations primitives.

L'ÉVOLUTION SIDÉRALE

La théorie cosmogonique de Laplace repose sur l'unité des forces mécaniques qui règnent sur les globes et en règlent les rapports mutuels; la théorie de l'évolution sidérale, ou, en d'autres termes, la théorie des transformations successives des globes, s'appuie sur l'unité de constitution de ceux-ci et sur l'unité des phénomènes géologiques qu'ils présentent.

Toutes choses égales d'ailleurs, les globes se refroidissent d'autant plus vite qu'ils sont plus petits. On peut donc, en les prenant successivement de volumes moindres, les étudier pour ainsi dire à des âges différents. Pour imiter une célèbre comparaison d'Herschel : de même que, dans une forêt de chênes, on sait, en examinant un certain nombre d'arbres, ce qu'était tel arbre en particulier, et ce qu'il deviendra; de même on peut, par une simple comparaison entre les planètes, connaître les phases qu'un globe a traversées et celles qu'il lui reste à parcourir.

D'ailleurs, l'âge *réel* des globes se compose à la fois de l'âge *absolu*, c'est-à-dire du temps écoulé depuis leur séparation primitive du résidu central, et de l'âge *relatif*, qui dépend surtout du volume et des variations de la constitution chimique, causes évidemment déterminantes de la plus ou moins grande vitesse du refroidissement.

Dans le système solaire, l'astre le plus jeune est évidemment le Soleil. Certes, il ne représente plus exactement la masse primitive, mais c'est le corps sidéral qui s'en rapproche le plus.

Deux caractères surtout distinguent le Soleil des nébuleuses : 1° la séparation plus complète, en zones successives, des vapeurs de densités diverses qu'il renferme; 2° sa luminosité, qui résulte du refroidissement de sa région externe.

Il est facile de trouver des étoiles plus jeunes encore que le Soleil, c'est-à-dire moins refroidies que lui. On les reconnaît au moyen du spectroscope, à leur moindre éclat et surtout à la plus forte épaisseur de leur atmosphère absorbante.

L'étude des diverses phases par lesquelles passe une étoile sous l'influence du refroidissement est extrêmement intéressante. Parmi ces phases, deux sont tout à fait principales : elles sont caractérisées, la première par une luminosité très faible, révélant une constitution toute gazeuse; cette faiblesse d'éclat est le cas de beaucoup d'étoiles, comme aussi celui des nébuleuses dont nous avons constaté l'état gazeux; la seconde phase est caractérisée, à l'inverse de la première, par la

vivacité de la lumière résultant de la condensation des éléments gazeux périphériques sous la forme d'une poussière solide ou liquide, ce qui est le cas du Soleil. Cette poussière joue le rôle du carbone, de la chaux ou de la magnésie dans nos flammes artificielles; elle rayonne énergiquement.

Or, entre ces deux phases s'établit une lutte de longue durée qui modifie sans cesse l'état de la surface de l'astre. La substance gazeuse du Soleil paraît être, jusqu'aux plus grandes profondeurs, dans un mouvement continu, et les immenses remous qui y prennent naissance sont vraisemblablement causés par les réactions diverses et par le triage des matières d'après leurs densités.

Ces mouvements, essentiellement tourbillonnaires, à la manière de ceux qui animent nos cyclones terrestres, précipitent vers les régions centrales certaines portions périphériques déjà condensées en givre irradiant et l'échauffement qui en résulte, en volatilisant ce givre et en lui faisant perdre son éclat, donnent lieu au phénomène des taches. Le ciel nous offre au complet toute la série des termes qu'on peut concevoir entre les étoiles nébuleuses et les astres complètement brillants, c'est-à-dire dépourvus de taches.

C'est à des réchauffements du genre de ceux qui viennent d'être cités que se rapportent les disparitions d'étoiles signalées bien des fois, ainsi que les intermittences que présentent d'autres astres; c'est au contraire par des refroidissements que s'expliquent les apparitions subites qui ont été constatées.

M. Faye a émis l'idée[1] que les étoiles disparues, les étoiles variables et les étoiles nouvelles représentent les diverses phases d'un même refroidissement; idée bien différente, comme on va le voir, de celles que les astronomes des siècles précédents se faisaient de ces phénomènes.

La première étoile périodique dont les variations aient frappé les observateurs est *o* de la Baleine (*Mira Ceti*). Elle fut signalée par Fabricius, l'un des auteurs de la découverte des taches solaires, et Bouillaud essaya d'en donner la théorie. Il supposa que l'étoile, possédant une face obscure et une face brillante, tournait sur elle-même, de façon à nous présenter successivement et périodiquement des disques différemment brillants.

A partir de cette époque le nombre des étoiles variables observées s'accrut rapidement, et la connaissance plus approfondie des faits fit justice des opinions de Bouillaud : les irrégularités des périodes de *Mira Ceti*, qui varient de 300 à 367 jours quand elles ne sont pas, comme cela s'est présenté une fois, d'une durée de quatre années, suffirent à en montrer le peu de réalité.

En même temps, ces opinions furent contredites non moins formellement par l'étude du phénomène des apparitions d'étoiles, phénomène dont on ne put méconnaître longtemps le lien avec les variations des astres périodiques, auxquelles les rattachent des transitions insensibles. Du même coup, il fallut renoncer aux idées de Tycho et de Kepler, pour qui les étoiles nouvelles étaient dues à l'agglomération subite de matière cosmique, jusque-là éparpillée dans l'espace, et à l'idée de Newton, qui voyait dans ces étoiles des soleils éteints, rallumés tout à coup par le choc d'une comète.

La question s'est considérablement simplifiée quand on eut reconnu, à la suite

1. *Revue des cours scientifiques*, t. III, p. 617.

des découvertes de M. Schwabe, que le Soleil, dont l'étude est comparativement si facile, rentre dans la catégorie des étoiles variables. Ses variations sont faibles, il est vrai, mais M. Wolff (de Zurich) a pu néanmoins en déterminer la période, comprise entre 8 et 15 ans.

Nous avons insisté sur ce point que les changements d'éclat du Soleil sont dus, sans aucune espèce de doute, à des particularités de sa constitution physique, et spécialement à la quantité plus ou moins grande de ses taches : cette explication s'applique à toutes les étoiles variables.

De plus, maintenant qu'on a fait du ciel un catalogue si complet, on trouve que les prétendues étoiles nouvelles ne sont que l'exaltation d'étoiles variables, dont les éclats extrêmes sont très différents l'un de l'autre, et qui atteignent rapidement leur maximum. Ainsi, pour ne citer qu'un seul exemple, l'étoile de Janssen, qui apparut en 1600 avec un éclat correspondant à la troisième grandeur, et qu'on crut de nouvelle formation, disparut en 1621 après avoir subi des variations successives. Elle reparut en 1655, époque où Cassini la suivit, puis en 1665, d'après les observations d'Hévélius. Elle est maintenant connue comme étoile permanente et portée dans les catalogues sous la lettre P du Cygne.

On a donc le droit de dire que les étoiles nouvelles et les étoiles variables sont deux formes du même phénomène. Des études récentes ont fait connaître de chacune de ces formes un nombre infini de variétés.

Certaines étoiles variables, comme Algol et P de Céphée, offrent des périodes presque constantes, tandis que d'autres, par exemple R de l'Écu de Sobicsky et le Soleil, sont excessivement irrégulières. La durée des variations va de trois jours à dix ans et plus. L'état maximum est pour les uns considérable (de troisième grandeur par exemple), et très faible pour les autres (de septième, de huitième et même de neuvième grandeur). Enfin, la marche des variations est différente suivant l'astre dans lequel on l'étudie : tantôt les oscillations sont si irrégulières qu'on est inhabile à dire quelle loi les régit; tantôt, au contraire, un ou même deux maxima apparaissent avec la plus grande netteté.

D'ailleurs, il ne faut pas croire qu'aucun caractère commun ne relie entre eux les astres périodiques : la rapidité avec laquelle leur éclat augmente et la lenteur avec laquelle il diminue après le maximum, la longue durée du minimum ou de l'invisibilité, comparée à la soudaineté de l'exaltation lumineuse, sont des traits de famille bien évidents.

« Les analogies entre ces deux catégories d'étoiles, dit M. Faye dans le travail auquel nous venons de renvoyer, sont non moins frappantes que les différences ; on passe des unes aux autres par des gradations presque insensibles, en sorte que les faits nombreux que nous possédons aujourd'hui nous conduisent à examiner si les étoiles variables et les étoiles nouvelles ne seraient pas autre chose que les états successifs d'un même phénomène dont le ciel nous offrait à la fois toutes les phases : les étoiles à état constant, les étoiles à faibles variations périodiques, les étoiles à périodes irrégulières, celles qui s'éteignent presque dans leurs minima, celles qui cessent de varier pendant un temps plus ou moins long, mais qui reprennent de l'éclat et subissent alors des variations considérables pour s'affaiblir de nouveau pendant un long laps de temps.

« Ne dirait-on pas que ce sont là les phases successives et de plus en plus dégra-

dées de la vie d'une même étoile ? phases qui, pour cette étoile unique, embrasseraient des myriades de siècles, mais que le ciel nous offre simultanément quand on considère à la fois tous les astres qui y brillent. » Toutefois, il faut bien remarquer, comme nous l'avons dit, que la période du plus grand éclat occupe le milieu entre deux périodes relativement sombres, la nébulosité totale et le passage à l'état planétaire.

En même temps que ces phénomènes se produisent, l'astre se contracte et se rapetisse : nous devons, à ce propos, rappeler que, pour rendre compte de la puissance et des caractères généraux de la végétation à d'anciennes périodes du globe, H. Lecoq suppose que le Soleil était alors bien plus volumineux qu'aujourd'hui et qu'il répandait bien plus de chaleur. Cette supposition a été reprise par différents auteurs.

A la suite des phases qui viennent d'être décrites, un phénomène tout différent prend naissance : la croûte condensée, depuis longtemps trop épaisse pour que les taches puissent encore se produire, commence à se refroidir assez au dehors pour s'assombrir peu à peu. Elle finit à la longue par perdre toute lumière propre : de soleil qu'il était par rapport au corps circulant autour de lui, l'astre devient planète pour le centre autour duquel il gravite.

La croûte condensée n'est pas l'épiderme du globe. C'est une cloison établie entre le noyau interne toujours lumineux et les matières moins denses qui, gazéifiées par une énorme chaleur, forment ce qu'on appelle l'atmosphère. Elle est le point de départ d'une double formation : à l'intérieur elle s'accroît sans cesse en épaisseur, par suite de la solidification successive de ses parties sous-jacentes ; à l'extérieur, elle reçoit les uns après les autres, dans un ordre déterminé par leur degré de volatilité, les produits condensables que renferme l'océan gazeux. Soumise à des efforts variés, elle se rompt souvent, et la matière fluide interne s'échappe par des fissures, en éruptions plus ou moins importantes, dont les chaînes de montagnes et les volcans actuels de la Terre nous offrent la représentation bien affaiblie.

La planète Jupiter paraît être à l'époque actuelle le théâtre de phénomènes de ce genre. Pendant les mois d'octobre et de novembre 1869, elle a présenté en effet un spectacle d'une beauté singulière. Les bandes de la planète, plus nombreuses que d'ordinaire, présentaient une plus grande variété de couleurs que jamais. La bande équatoriale, qui depuis des années était la partie la plus brillante de la planète, fut dépassée en éclat par les bandes du nord et du sud. D'habitude rien ne faisait tache sur le fond lumineux de cette bande ; à de fréquentes reprises on y vit se produire l'apparence de nuages accumulés. Elle était généralement incolore, brillant d'un gris d'argent ou d'un gris perlé ; elle devint d'un jaune profond, ressemblant beaucoup à la couleur de l'or déposé par la pile.

M. John Browning[1], à qui l'on doit ces importantes observations, a donné de la planète une description complète. « Les pôles sont bleus, écrit-il, et les bandes qui en sont le plus raprochées présentent une teinte foncée de la même couleur. Les bandes brillantes voisines sont d'un blanc perlé, et leur éclat l'emporte sur celui de toute autre partie de l'astre. Les bandes sont d'un rouge de cuivre, elles sont séparées par la ceinture équatoriale, qui est d'un jaune d'or. »

1. *Monthly notices of the royal astronomical Society*, t. XXX. p. 39, 75, 155 et 250 ; t. XXXI, page 33.

Ces changements, aujourd'hui remplacés par d'autres, coïncident avec la présence dans l'atmosphère de Jupiter de vapeurs inconnues dans la nôtre; ils conduisent à faire admettre que la plus grosse des planètes de notre système n'a pas encore perdu la faculté de luire quelque peu par elle-même. On a vu d'ailleurs précédemment que Neptune et Uranus ont une lumière propre.

En même temps que la croûte se consolide, elle subit extérieurement la double action d'une très forte chaleur et d'une énorme pression : la pression de l'épaisse atmosphère qui la recouvre. Ainsi les masses qui constituent cette croûte prennent-elles des caractères que la fusion simple ne saurait leur donner : le granit et le gneiss sont les représentants lithologiques les plus importants de cette nouvelle période.

Pendant la formation de ces roches, l'épaississement ininterrompu de la paroi qui les sépare du foyer incandescent fait que la température externe s'abaisse progressivement. Il vient un moment où l'atmosphère, débarrassée de ses parties les plus denses, laisse déposer, à l'état liquide, les eaux qu'elle retenait en vapeur. Ainsi se fait la première mer, dont les eaux, saturées de toutes les matières solubles et portées à une température considérable, réalisent des réactions chimiques variées, aux dépens des masses qui constituent le fond de son bassin.

Sans cesse, ce puissant mécanisme fonctionne : les fonds de mer se soulèvent et deviennent des continents; les continents s'affaissent et deviennent des fonds de mer : mouvements alternatifs qui rappellent ceux d'une poitrine gigantesque. Et la formation de nouvelles couches stratifiées, la désagrégation partielle des couches d'ancienne formation, suivent leur cours, toujours déplacé mais ininterrompu.

C'est ainsi que peu à peu les conditions de la surface se modifient, s'adoucissent. Les eaux de la mer, qui étaient bouillantes, deviennent tièdes; et l'air, maintenant transparent, laisse arriver jusque dans ses profondeurs la lumière d'un soleil colossal. Un phénomène nouveau se déclare : l'apparition de la vie organique, sous toutes ses formes, depuis les algues élémentaires jusqu'à l'homme.

Arrivé à ce point, le globe est parvenu à la plénitude de la vie.

Par cela même que la forme planétaire constitue l'état adulte des astres, la réalisation de cette forme est nécessairement suivie de phases dont ce qui se passe chez les êtres vivants fait pressentir le caractère. Ce sont des phases de déclin, rattachées par des intermédiaires insensibles à la période d'apogée.

Le refroidissement continuant toujours, la croûte épaissit de la circonférence vers le centre, et en même temps un fait qui s'était produit dès le début, mais qui n'avait eu jusqu'alors que des conséquences négligeables, devient considérable; ce fait, c'est l'absorption centripète des eaux et de l'atmosphère.

Les eaux pénètrent de proche en proche dans l'épaisseur des roches. Il est de connaissance vulgaire que les pierres qu'on extrait des carrières et des mines sont saturées d'humidité. Il résulte de là que la formation des terrains stratifiés qui, sur certains points, ont des épaisseurs si considérables, a fixé des quantités énormes d'eau auparavant liquides et faisant alors partie de l'océan. Ce que l'on sait moins généralement, c'est que les mêmes terrains qui supportent les couches de sédiment et constituent à proprement parler l'*assise* du globe, absorbent aussi beaucoup d'eau. Dans un travail spécial[1], Durocher a déterminé la proportion centésimale d'eau que

1. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. X. p. 431.

renferment normalement les éléments des roches cristallines, et il a trouvé pour la moyenne le nombre 0,0127.

Or, l'épaisseur de l'assise cristalline allant constamment en augmentant, par suite du refroidissement intérieur, et, d'un autre côté, de nouvelles couches sédimentaires s'ajoutant sans cesse aux précédentes, la quantité d'eau que la croûte peut absorber s'accroît elle-même à chaque instant. L'eau de la surface ainsi aspirée, imprègne donc une épaisseur de plus en plus grande de matériaux solides, et l'océan actuel, si considérable que soit son volume, n'est évidemment qu'un résidu de la mer, bien plus vaste, des époques primitives.

On peut répéter pour l'air ce qui vient d'être dit pour l'eau : notre atmosphère et notre océan sont simultanément *bus* par la partie solide de notre globe, et l'on peut assurer que plus la Terre vieillira, plus l'océan restreindra ses limites, plus l'atmosphère diminuera d'épaisseur.

Un coup d'œil jeté sur les planètes qui gravitent avec nous fera ressortir la justesse de cette prédiction.

Relativement à l'époque de leur séparation, les planètes sont d'autant plus âgées qu'elles sont plus distantes du Soleil. Et si en même temps elles sont de volume et de constitutions comparables, leur âge réel croît régulièrement avec leur distance. C'est ce qui a lieu très nettement pour les quatre planètes dites *inférieures :* Mercure, Vénus, la Terre et Mars.

Malgré les variations, en apparence un peu irrégulières, de leurs densités et qui sont dues au degré inégal de leur développement, on reconnaît aisément que, ramenés aux mêmes conditions, et par exemple au refroidissement total, ces astres pèseraient d'autant plus qu'ils sont plus voisins du Soleil. Déjà Mercure, qui est la plus jeune des planètes que nous puissions observer, est en même temps la plus dense ; et la Terre et Mars vont, sous ce rapport, en décroissant régulièrement. Quant à Vénus, sa densité, plus faible que celle de notre globe, montre qu'elle est moins refroidie que lui, ce qui tient, avant tout, à sa position centrale et peut-être aussi à sa constitution chimique.

Le même fait d'une évolution progressive ressort nettement de la comparaison des atmosphères des quatre planètes. Mercure est enveloppé d'une couche aériforme épaisse et très dense, qui reproduit sans doute dans ses traits essentiels celle qui entourait la Terre primitive ; l'atmosphère de Vénus, déjà considérablement épurée, est encore très élevée, comme le prouve l'intensité du crépuscule qu'elle produit; et notre enveloppe aérienne transparente et pure sert de transition entre la précédente et celle qui entoure Mars d'une couche relativement très mince.

On retrouve la même série, quant à la grandeur de la mer dans ces divers astres, au moins dans ceux où la mer peut être observée. Ainsi, comme on l'a déjà dit, tandis que sur la Terre l'eau couvre les trois quarts de la surface du globe, sur Mars, qui est bien plus âgé, elle n'en baigne que la moitié.

La hauteur comparée des montagnes donnerait sans doute un résultat concordant si elle avait pu être l'objet de mesures suffisamment précises. Sur Mercure, où l'observation est difficile, on n'a étudié (et encore indirectement) qu'une seule montagne qui atteint 20 000 mètres ; et rien ne donne à croire qu'il n'y en ait pas de beaucoup plus hautes. Sur Vénus, qui a été beaucoup mieux observée, on a évalué à 44 000 mètres l'élévation des plus grands pics. Sur la Terre, les montagnes les plus

plus hautes n'ont pas 9000 mètres. Mars continue sans doute cette marche décroissante.

Mais, après ce dernier, la série est brusquement interrompue. Sans parler des astéroïdes, on trouve que Mars et Jupiter diffèrent profondément l'un de l'autre.

C'est ici le lieu de rappeler la distinction faite entre les trois groupes de planètes qu'il convient de distinguer et dont chacun correspond jusqu'à un certain point à l'une des trois enveloppes, gazeuse, liquide et solide, du globe terrestre : le Soleil représentant le noyau encore à l'état de fluidité ignée que renferme notre planète, Neptune et Uranus répondent à l'atmosphère, Saturne et Jupiter à la masse liquide, et le reste aux roches solides. Nous pouvons chercher comment on doit expliquer cette constitution remarquable du système solaire, et les observations spectrales dont le Soleil a été récemment l'objet viennent vivement éclairer la question.

En effet, dans le Soleil, les vapeurs, malgré la diffusion dont elles sont le siège, et qu'on ne saurait nier, sont rangées, au moins dans la partie visible, suivant un ordre conforme à celui de leurs densités. Les plus légères forment les couches les plus extérieures, et dans le fond des taches on trouve des gaz relativement très lourds. Le même fait s'est nécessairement produit dans la grosse nébuleuse originelle dont le Soleil représente le résidu. De façon que, malgré l'unité qui les relie, les diverses planètes sont formées de matériaux différents provenant de couches diverses de la nébuleuse.

Considérées à ce point de vue, les planètes supérieures correspondent, dans la série astrale, aux êtres atteints d'*arrêt de développement* dans la série organique. Formées d'éléments qui, par leur nature même, sont incapables de recevoir, par le fait du refroidissement, les caractères que nous offrent les matériaux de l'écorce solide du globe, elles ne peuvent traverser que les premières phases de l'évolution sidérale, et s'arrêtent, si l'on nous permet l'expression, à l'état embryonnaire des globes plus complets.

Donc, la Lune est de tous les globes connus le plus avancé en développement; il s'en faut néanmoins de beaucoup qu'elle représente le dernier terme de l'évolution sidérale.

Sous l'effet du refroidissement qui la gagne, elle continuera évidemment de se contracter, et la question se pose de savoir si le retrait ainsi produit n'aura pas pour résultat de la fendre et de la réduire en morceaux.

Or, il est impossible de ne pas reconnaître chez les astres une tendance à la rupture spontanée.

La Terre nous montre de toutes parts des fêlures en sens divers. Ces fêlures, connues sous le nom de *failles*, ne sont point dues à des causes locales, mais à une action générale, qui produit dans l'écorce terrestre ces mouvements désignés par Élie de Beaumont sous le nom de *bossellements généraux*, action liée à la diminution progressive de volume du noyau interne, au fur et à mesure du refroidissement.

En effet, le premier revêtement solide de notre globe s'est nécessairement concrété sur un sphéroïde fluide beaucoup plus gros que n'est aujourd'hui la Terre, et à moins de supposer, contre toute vraisemblance, que ce revêtement ne repose plus sur la matière fondue interne, il faut admettre qu'au fur et à mesure de la contraction de celle-ci il a cédé, par places, de façon à la suivre dans son mouvement

centripète. Il n'a pu le faire qu'en se fendillant, et les voussoirs, ainsi délimités, ont glissé les uns sur les autres, en déterminant du même coup les grandes lignes du relief du sol. En même temps une portion du magma fluide s'injectait dans les fissures et venait, en les remplissant, former les filons, les dykes, les typhons, les culots que l'on rencontre de tous côtés.

A l'époque actuelle, la Terre étant encore fort loin d'être refroidie jusqu'au centre, cet ensemble de phénomènes se poursuit dans la profondeur, sans que la surface en éprouve autre chose que des mouvements lents. Mais on peut se demander si dans la suite les velléités de rupture, toujours contrariées par une cimentation profonde, ne feront pas place à une rupture véritable.

Si cette supposition est fondée, la Lune étant plus avancée que la Terre en développement, doit manifester cette tendance à la rupture avec une accentuation plus marquée.

Or, justement tout le monde connaît dans la Lune l'existence de *rainures*, c'est-à-dire de ces crevasses à la fois si étroites et si longues qui, avec une profondeur inconnue, traversent, sans s'infléchir, des plaines, des cratères et des montagnes. Ces crevasses n'ont nulle part leurs analogues sur la Terre : elles sont le commencement, déjà très caractérisé, de la rupture de l'astre mort.

La Terre aura un jour des rainures, et dans des proportions bien plus considérables.

Les petits astéroïdes situés entre les orbites de Mars et de Jupiter, nous montrent des effets encore plus nets de rupture spontanée.

La petitesse de leur masse totale, l'enchevêtrement de leurs orbites, la forme polyédrique qu'on leur a reconnue, l'absence de toute atmosphère, enfin la grande distance qui les sépare du Soleil, sont autant de raisons pour voir dans ces planètes, à peu près comme le voulait Olbers, les fragments séparés d'un astre jadis unique.

A peu près, dis-je, car l'hypothèse si simple de la rupture spontanée, substituée à l'idée peu naturelle d'un choc ou d'une explosion, semble faciliter beaucoup la solution de certaines objections qui ont eu raison des idées de l'astronome de Brême. Du nombre serait peut-être cette circonstance que les orbites, extrêmement enchevêtrées, sont loin de se couper toutes au même point comme cela devrait être dans l'hypothèse d'Olbers. Il n'y a en effet aucune raison de supposer que la désagrégation spontanée se soit faite tout d'un coup. L'astre, sous l'influence longtemps continuée des actions déjà si fortement empreintes sur la Lune, a pu se réduire d'abord en un très petit nombre de fragments (2, par exemple), inégaux, de densités diverses, et dont les centres de gravité étaient éloignés du Soleil de quantités différentes. Ces fragments ont pu se séparer progressivement, et il suffirait, pour justifier l'hypothèse, de retrouver un seul point d'intersection de leurs orbites.

Les météorites représentent un terme encore bien plus avancé de la désagrégation spontanée, et leur étude devient ici particulièrement riche en enseignements positifs.

A côté du globe lunaire, qui se fend de lui-même, elles nous montrent, en effet, les fragments d'un astre déjà brisé. Ne faudrait-il pas être aveugle pour méconnaître la nature du procédé par suite duquel elles ont acquis leur caractère fragmentaire ? N'est-il pas aussi évident que peut l'être un fait de cette nature que les crevasses de la Lune, successivement prolongées et approfondies, finiront par résoudre l'astre aujourd'hui unique en blocs distincts, et n'ayant d'autre lien que leur mouvement orbitaire simultané[1] ?

Relativement à cette question, je ne m'en dissimule pas l'extrême difficulté : je pourrais, la laissant de côté, m'en rapporter au témoignage de M. Faye, constatant, dans le Rapport cité plus haut, que nous « avons vu plusieurs fois dans le ciel » le phénomène de désagrégation dont il s'agit. Mais je crois devoir faire remarquer qu'il est légitime de rapprocher ce phénomène de l'égrènement évident des comètes le long de leurs orbites, d'où résultent les étoiles filantes, radicalement différentes des météorites, bien que présentant quelque ressemblance avec les bolides dont la chute de celle-ci est précédée. D'ailleurs, l'acquisition d'orbites différentes les unes des autres par les fragments d'un même tout, pourrait peut-être provenir aussi, au moins pour une part, de la circonstance suivante : déjà nous avons vu les failles résulter de la contraction du noyau interne; mais il est évident que sa solidification complète doit avoir pour conséquence inévitable la production, dans les régions souterraines, d'un immense vide correspondant, sur une échelle cosmique, à la *chambre* des anciens boulets d'artillerie. En d'autres termes, les fragments séparés par les crevasses finales ne constituent pas, par leur ensemble, une sphère pleine, mais simplement une coque crevassée quoique plus ou moins épaisse. Dès lors, les glissements vers le centre de gravité commun de tout le système peuvent déterminer entre ses parties des déplacements plus ou moins grands et, une fois la séparation commencée, elle doit tendre à s'accentuer de plus en plus.

Quoi qu'il en soit et quelles que puissent être les particularités intimes de ces transformations, nous voyons les météorites venir tout naturellement compléter cette série d'états sidéraux représentés par le Soleil, Vénus, la Terre, Mars, la Lune, et les planètes télescopiques[1].

Pour qui admet les faits précédents, la chute des météorites, loin d'être un accident, représente le mécanisme même par lequel la matière des globes morts retourne à ceux qui continuent de vivre et complète par un dernier chapitre la merveilleuse histoire dont Laplace n'a raconté que les débuts.

Il est possible encore qu'elle ait un autre rôle et que, fournissant à l'esprit l'exemple le plus grandiose qu'il puisse concevoir d'harmonies naturelles, des pluies de météorites, poussière de cadavre, en tombant sur le Soleil, restituent à chaque instant, sous forme mécanique, à notre astre central, la colossale quantité d'énergie calorifique et lumineuse qu'il irradie sans cesse vers tous les points de l'espace et qui est la vie même du monde.

LES CONDITIONS ASTRONOMIQUES DU PHÉNOMÈNE MÉTÉORITIQUE

Distribution topographique des météorites d'une même chute. — Lorsque les pierres d'une même chute sont nombreuses, comme il est arrivé à l'Aigle, à Orgueil, à Knyahinya, à Pultusk, à Hessle, etc., la distribution des pierres sur le terrain tenant avant tout à l'allure des masses dans l'Espace cosmique, est fort intéressante à étudier.

1. Il me sera permis de noter en passant que les idées générales dont on vient de lire un résumé et qui ont été soumises à l'Académie des sciences ont été adoptées par beaucoup de personnes; parfois même par des auteurs qui les ont exposées à nouveau au public en négligeant de citer la source où ils les avaient puisées. Par exemple un volume intitulé *le Commencement et la fin des mondes selon la science*, par Henry Vivarès, ancien élève de l'École polytechnique (1878).

Dans tous les cas, les pierres sont distribuées sur une ellipse allongée dont l'axe répond à la projection de la trajectoire et dans laquelle elles sont pour ainsi dire triées par ordre de grosseur. Les plus volumineuses sont à un bout, les petites à l'autre, et les moyennes entre ces deux situations.

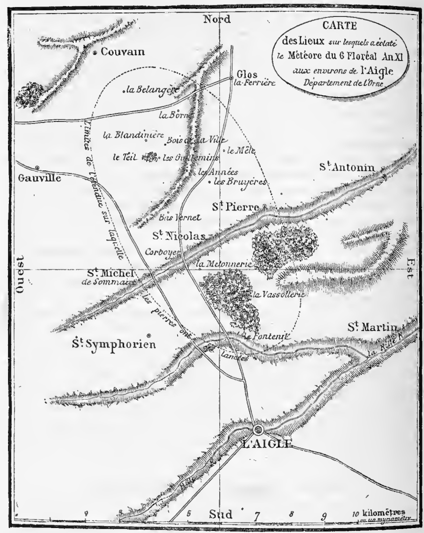


Fig. 116. — Distribution sur le terrain des pierres météoritiques de l'Aigle. D'après Biot.

De plus, il paraît, d'après les documents réunis jusqu'ici, que les grosses pierres sont toujours situées à l'arrière de l'ellipse.

Ainsi, Biot, dans son Rapport sur la chute de l'Aigle (Orne)[1], après être ar-

1. *Loc. cit.*, p. 45 et suiv.

rivé à la conclusion que le bolide progressait du S.-E. au N.-O., avec une déclinaison d'environ 22 degrés, constate que les plus grosses pierres sont tombées à l'extrémité sud-est du grand axe de l'ellipse, les plus petites à l'autre extrémité et les moyennes entre ces deux points. Les plus grosses seraient donc tombées les premières :

« L'arrondissement, dit-il, dans lequel ces masses ont été lancées (fig. 116) a pour limites le château de Fontenil, le hameau de la Vassolerie et les villages de Saint-

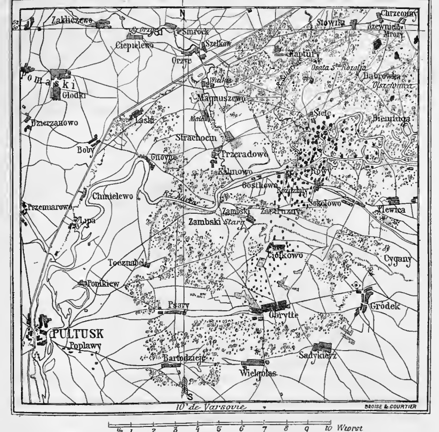


Fig. 117. — Distribution sur le terrain des météorites de Pultusk.

Pierre-de-Sommaire, Glass, Gouvain, Gouville et Saint-Michel-de-Sommaire. C'est une étendue elliptique d'environ deux lieues et demie de long sur à peu près une de large, la plus grande dimension étant dirigée du sud-est au nord-ouest.

« Les plus grosses pierres sont tombées à l'extrémité sud-est du grand axe de l'ellipse, du côté de Fontenil et de la Vassolerie; les plus petites sont tombées à l'autre extrémité, et les moyennes, entre ces deux points.... les plus grosses paraîtraient être tombées les premières. »

La surface couverte par les éclats de la météorite de Pultusk (fig. 117) est de 16 kilomètres environ. Elle commence au village d'Obrytte (7 kilomètres de Pultusk, 39°,2',0 de longitude et 52°,45',2 de latitude).

D'après le témoignage des paysans, la distance relative des pierres tombées en quantité sur la surface glacée de la rivière Narew était de 20 à 30 mètres environ. Les habitants rapportent qu'on voyait autour des pierres sur la glace une poudre noirâtre, bientôt emportée par l'eau.

La grosseur des météorites tombées augmentait dans la direction N.-E. Les pierres trouvées à Obryte pesaient 100 grammes en moyenne, à Ciolkow 200 grammes, à Gostkov de 400 à 800 grammes, à Siele de 1,2 kilogramme, à 1,6 kilogramme.

La figure 118 représente la distribution topographique des pierres tombées le 1er janvier 1869 à Arno-Hessle, en Suède; et la figure 119, d'après M. Hinrichs[1], la distribution des météorites d'Iowa Township (12 février 1875).

Des faits du même genre ont été observés à Butsura, dans les Indes.

De même encore à propos de la chute de Knyahinya, en Hongrie, Haidinger arrive

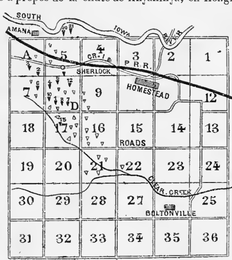


Fig. 119. — Distribution sur le terrain des météorites d'Iowa Township. — D'après M. Hinrichs.

à une conclusion toute semblable : là encore les plus grosses pierres sont tombées à l'arrière de l'ellipse dans laquelle les fragments sont compris.

Distribution mensuelle des chutes de météorites. — On s'est demandé si les dates des diverses chutes sont liées d'une manière quelconque avec les différentes époques de l'année, et quelques météoritologistes ont fondé des théories sur la variabilité du nombre des chutes selon les mois.

Sans vouloir nier d'une manière absolue que le phénomène qui nous occupe ne présentera pas ultérieurement des maxima et des minima annuels, il faut cependant convenir que, s'ils existent, ceux-ci sont bien peu sensibles. C'est ce dont on se convaincra par le tableau suivant, qui comprend, réparties entre les 12 mois, 199 chutes de météorites *représentées* au Muséum :

1. *Popular Science monthly*, septembre 1875 (New-York).

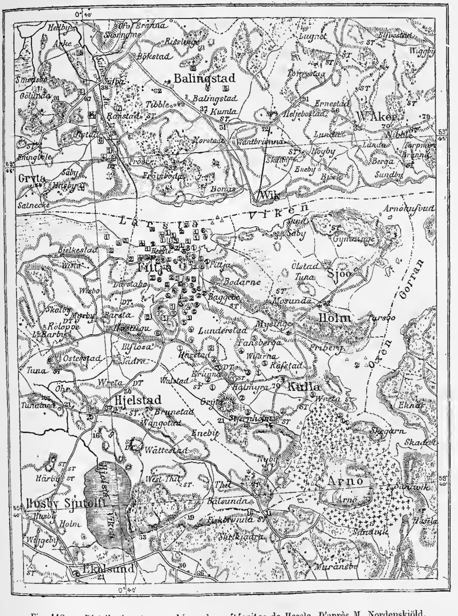


Fig. 118. — Distribution topographique des météorites de Hessle. D'après M. Nordenskiöld.

Janvier :

Belaja Zerkwa, 1796
Renazzo, 1824
Lœbau, 1835
Mascombes, 1835
Kaee, 1838
Louans, 1845
Nellore, 1852
Khetree, 1857
Pultusk, 1868
Bubbuowly, 1865
Hessle, 1869
Nedagolla, 1870
Cynthiana, 1877
Warrenton, 1877
La Bécasse, 1879

Février :

Eichtadt, 1785
Bachmut, 1814
Doralla, 1815
Nanjemoy, 1825
Mhow, 1827
Little Piney, 1839
Iowa, 1847
Girgenti, 1853
Parnallee, 1857
Alexandrie, 1860
Casale, 1868
Iowa Township, 1875
Mocs, 1882

Mars :

Salles, 1803
Doroninsk, 1805
Alais, 1806
Timochin, 1807
Kulesehowka, 1811
Zaborzika, 1818
Grüneberg, 1841
Bishopville, 1843
Seegowlee, 1853.
Stawropol, 1857
Harrison, 1859
Rutlam, 1863
Claywater, 1865
Daniel Kuill, 1868
Sithatali, 1875
Szadany, 1875
Middlesborough, 1881

Avril :

L'Aigle, 1803
High Possil, 1804
Parme, 1808
Toulouse, 1812
Erxleben, 1812
Akburpur, 1838
Kirghis, 1840
Milena, 1842
Killeter, 1844
Gutersloh, 1851
Nerft, 1854
Heredia, 1857
Kaba, 1857
Udipi, 1866

Mai :

Agram, 1751
Stannern, 1808
Paulograd, 1826
Drak Creek, 1877
Forsyth, 1829
Vouillé, 1831
Monte Milone, 1846
Castine, 1848
Bremerwörde, 1855
Moustel Pank, 1855
Igast, 1855
Kakova, 1858
New Concord, 1860
Butsura, 1861
Canellas, 1861
Orgueil, 1857
Gopalpur, 1865
Saint-Mesmin, 1866
Mouza Koorna, 1865
Khetree, 1867
Slavetic, 1868
Kernouve, 1869
Krahenberg, 1869
Searsmont, 1871
Nash C°, 1874
Virba, 1874
Koursk, 1874
Hungen,7 187
Estherville, 1879

Juin :

Verone, 1668
Siène, 1794
Seres, 1818
Jonzac, 1819.
Juvinas, 1821
Angers, 1822
Richmond, 1828
Chandakapur, 1838
Uden, 1840
Château-Renard, 1841
Aumières, 1842
Utrecht, 1843
Saint-Denis, 1855
Grosnjà, 1861
Bushof, 1863
Dolgowala, 1864
Knyahinya, 1866
Tadjéra, Sétif, 1867
Pnompehn, 1868
Tennasilm, 1872
Stalldalen, 1876
Vavilovka, 1876

Juillet :

Tabor, 1755
Alboreto, 1766
Barbotan, 1790
Berlanguillas, 1811
Lixna, 1820
Gross Divina, 1837
Montlivault, 1838
Cereseto, 1840
Le Teilleul, 1845
Barea, 1842
Braunau, 1847
Dhurmsalla, 1860
Ornans, 1868
Authon, 1872
Tiechitz, 1878

Août :

Mooresfort, 1810
Chantonnay, 1812
Shergotty, 1825
Slobodka, 1818
Agra, 1822
Aldworth, 1835
Dickson, 1835
Petersburgh, 1855
Oviedo, 1856
Shytal, 1863
Pillitsfer, 1863
Aumale, 1864
Murcie, 1870
Feid Chair, 1876

Septembre :

Luponnas, 1753
Lucé, 1768
Lissa, 1808
Limerick, 1813
Agen, 1814
Epinal, 1822
Honolulu, 1825
Mezo Madaras, 1852
Muddoor, 1865
Sauguis, 1868
Tjabé, 1869

Octobre :

Charkow, 1787
Apt, 1803
Chassigny, 1815
Politz, 1819
Zebrak, 1826
Bialystock, 1827
Cold Bokkeweld, 1838
Favars, 1844
Cabarras, 1849
Ohaba, 1857
Les Ormes, 1857
Klein Menow, 1862
Lodran, 1868
Orvinio, 1872
Soko Banja, 1872

Novembre :

Ensisheim, 1492
Mauerskirchen, 1768
Sigena, 1773
Charsonville, 1810
Futtehpore, 1822
Blansko, 1833
Macao, 1836
Shalka, 1850
Trenzano, 1850
Nulles, 1851
Séville, 1862
Danville, 1865
Kerilis, 1874
Kakovka, 1878
Grossliebenthal, 1881

Décembre :

Woldcottage, 1795
Bénarès, 1798
Massing, 1803
Weston, 1807
Luotalaks, 1813
Pegu, 1827
Ski, 1848
Busti, 1852
Borkut, 1852
Murcie, 1858
Montréjeau, 1858
Tourinnes, 1863
Manbhoom, 1863
Cangas de Onis, 1868
Motecka Nugla, 1868
Franckfort, 1868
Bandong, 1871
Rochester, 1876

Ce tableau donne les nombres mensuels suivants :

Janvier.	15
Février.	13
Mars	17
Avril.	14
Mai	29
Juin	23

Juillet	15
Août	14
Septembre	11
Octobre	15
Novembre	15
Décembre	18

Il est, comme on voit, bien difficile de tirer aucune conclusion un peu probable de ces nombres ; ils indiqueraient peut-être un maximum en mai et juin et un minimum en septembre.

Mais, avant de spéculer sur des résultats aussi vagues, il importe de remarquer que la position de ces maxima et de ces minima varie avec le nombre d'observations que l'on considère. Ainsi, Arago, groupant 206 observations qui ne sont peut-être pas toutes parfaitement authentiques, a trouvé les nombres mensuels suivants[1] :

Janvier	14
Février	10
Mars	22
Avril	15
Mai	20
Juin	18
Juillet	23
Août	16
Septembre	17
Octobre	18
Novembre	20
Décembre	13

où l'on ne retrouve plus du tout les mêmes rapports.

Notre conclusion est, en définitive, qu'à supposer qu'une loi de périodicité régisse le phénomène, le nombre actuel des observations bien constatées est trop faible pour la faire découvrir.

Distribution horaire des chutes. — Certaines hypothèses relatives à l'origine des météorites sont fondées sur l'heure à laquelle elles nous arrivent. Il est donc fort intéressant de faire à ce sujet un relevé aussi complet que possible. Haidinger s'est occupé de cette question[2].

Les résultats auxquels il est arrivé sont fort peu certains encore, vu le petit nombre des chutes catalogues; toutefois nous les résumons dans le tableau suivant, qui paraît montrer que le nombre des météorites est plus grand le jour que la nuit, conclusion qui intéresse les hypothèses auxquelles nous venons de faire allusion, mais dont on s'est peut-être trop hâté de faire usage.

1. *Astronomie populaire*, t. IV, p. 225.

2. *Die Tageszeiten der Meteoritenfalle verglichen ;* dans Stitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenchaften zu Wien, t. LV, p. 131 et 135, 1867. — Quételtet a publié aussi un opuscule intéressant intitulé : *Sur l'heure des chutes d'aérolithes.*

Voici les nombres publiés par Haidinger :

De minuit à 1 heure	zéro	de minuit à midi : 53.
de 1h à 2	1	
de 2h à 3	4	
de 3h à 4	1	
de 4h à 5	4	
de 5h à 6	1	
de 6h à 7	11	
de 7h à 8	7	
de 8h à 9	2	
de 9h à 10	5	
de 10h à 11	5	
de 11 à midi	12	
De midi à 1 heure	8	de midi à minuit : 73.
de 1h à 2	9	
de 2h à 3	7	
de 3h à 4	8	
de 4h à 5	7	
de 5h à 6	5	
de 6h à 7	3	
de 7h à 8	7	
de 8h à 9	12	
de 9 à 10	3	
de 10 à 11	2	
de 11 à minuit	1	
	126	

Les météorites paraissent donc être beaucoup plus fréquentes pendant le jour que pendant la nuit.

Ce même fait avait déjà fixé l'attention de quelques observateurs et en particulier celle de M. Alexandre Herschel, qui en 1868 écrivait dans un travail sur les étoiles filantes : « Il semble que sur 72 météorites dont la chute nous est entièrement connue, le plus grand nombre (58) sont tombées *après midi*, de midi à 9 heures du soir »[1]. On voit toutefois que le fait n'a plus lieu dans les mêmes limites pour la table ci-dessus, qui donnerait 66 météorites de midi à 9 heures, c'est-à-dire à peine la moitié du nombre total, 126, de chutes observées.

Dès qu'on entre dans l'étude des météorites, la question des rapports qu'elles présentent avec les étoiles filantes s'offre comme d'elle-même à l'esprit; et il y a en effet lieu de se demander si ces deux ordres de phénomènes n'ont pas une origine commune.

Les étoiles filantes sont reliées aux météorites par les bolides muets et par les bolides bruyants.

1. *Sur les étoiles filantes de l'année* 1865-66 *et la probablité d'une origine cosmique de leur existence*, résumé d'une conférence faite à Royal Institution le 25 mai 1866. — *Les Mondes*, 2e série, t. XII, p. 200.

Dans beaucoup de circonstances en effet on voit arriver dans l'atmosphère des globes de feu tout pareils à ceux qui précèdent la chute des météorites, mais qui s'éteignent sans explosion ou bien dont l'explosion bruyante n'est suivie d'aucune chute de matière solide. De même, certaines étoiles filantes se séparent en éclats avant de s'éteindre, mais toujours sans bruit. Enfin, dans les grandes pluies d'étoiles filantes on voit toujours beaucoup de bolides sillonner le ciel.

On a cherché à plusieurs reprises à rendre compte des relations existant entre les deux phénomènes. Par exemple, on a mis en avant l'hypothèse suivante :

La matière cosmique qui, par hypothèse, donne naissance à la fois aux étoiles filantes, avec bolides non bruyants et aux météorites, est répartie autour du Soleil, de façon que chaque couche concentrique offre partout la même densité. Les couches les plus voisines de l'astre central sont formées de masses pesantes, les couches les plus éloignées résultent de la réunion de bulles presque impondérables. Les premières constituent les météorites ; les autres sont les étoiles filantes. Il se trouve que l'orbite de la Terre est à peu près sur la jonction de la sphère des météorites et de la sphère des étoiles filantes, de façon qu'elle reçoit les unes d'un côté de sa surface et les autres du côté opposé. De plus, on voit que le maximum des météorites doit avoir lieu pendant le jour et le maximum des étoiles filantes pendant la nuit, ce qui est assez conforme à l'observation.

Cette hypothèse est assez ingénieuse, mais elle est absolument gratuite, et entraîne un certain nombre de difficultés[1].

Bien plus récemment[2], M. William Huggins a de nouveau développé des considérations tirées des résultats de l'analyse spectrale, en faveur de la communauté d'origine et de constitution des étoiles filantes et des météorites. Mais son mémoire se borne à confirmer une fois de plus le grand principe de l'unité chimique de tout le système solaire, et nous n'avons pas à nous y arrêter davantage.

Ce qui paraît bien certain, c'est qu'il existe de très grandes différences dans les lois suivies par les deux phénomènes qui nous occupent. Il semble démontré que les pluies d'étoiles filantes sont soumises à une certaine périodicité, tandis qu'on ne voit rien d'analogue pour les météorites. Relativement à celles-ci, on a cru reconnaître plusieurs maxima annuels, mais ces maxima, d'ailleurs peu sensibles, ne correspondent pas du tout aux maxima des étoiles filantes.

Quoi qu'il en soit, un certain nombre de savants sont portés à rapprocher les deux phénomènes surtout au point de vue de l'origine, et c'est à ce titre que nous devons dire ici quelques mots d'une très belle hypothèse indiquée par Chladni dès 1819[3], précisée par M. Schiaparelli[4] et développée par Le Verrier[5].

La périodicité des grandes pluies d'étoiles filantes a conduit à admettre que celles-ci constituent des sortes d'anneaux que l'orbite de la Terre coupe en certains points déterminés ; l'étude du phénomène a montré que si les choses sont réellement conformes à cette hypothèse, la matière cosmique rendue visible par les

1. L'hypothèse dont il s'agit est développée dans le volume que M. le docteur Phipson a publié sur les bolides, les étoiles filantes, etc.
2. *Annales de chimie et de physique*, 5e série, t. XXVII, p. 408 ; 1882.
3. *Loc. cit.*
4. *Comptes rendus*, etc., t. LXIV, p. 598.
5. *Ibid.*, t. LXIV, p. 94.

pluies d'astéroïdes de novembre se meut autour de la Terre dans le sens inverse du mouvement des planètes, qui marchent, comme on sait, d'Occident en Orient. Cette matière est donc douée d'un mouvement *rétrograde*.

Or les corps célestes de notre système étant tous animés de mouvements directs, il y a lieu de penser que la substance des étoiles filantes de novembre est étrangère à ce système et est venue du dehors. Ainsi, nous connaissons les comètes dont le mouvement est rétrograde, mais nous savons qu'elles viennent de points excessivement éloignés dans l'espace.

Ceci posé, Le Verrier est allé plus loin, et non content d'avoir reconnu que l'essaim de matière cosmique est entré dans le système solaire après la constitution de celui-ci, il cherche encore à préciser l'époque de son introduction.

Voici par quels ingénieux raisonnements l'auteur a poursuivi la solution de cette belle question.

Aux diverses époques des apparitions constatées d'étoiles filantes, la Terre n'était pas rigoureusement à la même distance du Soleil, le rayon de l'orbite terrestre éprouvait des variations, notamment en raison de l'action de la Lune et du mouvement progressif du périhélie de la Terre. Il en résulte que l'essaim de matière cosmique est fort large ; et comme ses particules sont indépendantes les unes des autres, il n'est pas douteux que leurs diverses vitesses ne tendent à le répandre peu à peu le long de l'anneau dont elles n'occupent encore qu'un nombre très limité de degrés. Pour peu donc que le phénomène fût ancien, cosmiquement parlant, l'essaim se serait complètement répandu en un anneau continu, et s'il n'en est pas ainsi, il faut que le travail de la dislocation n'ait commencé qu'il y a peu de siècles.

De plus, l'essaim n'a pu être introduit dans le système solaire et jeté dans son orbite actuelle que par une cause perturbatrice énergique, ainsi que cela a eu lieu pour les comètes périodiques, notamment pour celle de 1770. D'un autre côté, les comètes ainsi troublées jusqu'au point d'acquérir une petite distance périhélie, retournent nécessairement jusqu'à l'astre dont elles ont subi l'action ; ainsi la comète que nous venons de citer est retournée jusqu'à Jupiter.

Sous tous ces rapports on ne peut qu'être frappé de cette circonstance que l'essaim de novembre s'étend jusqu'à Uranus et fort peu au delà, d'autant plus que ces orbites se coupent, à fort peu près, en un point situé, après le passage de l'essaim, à son aphélie et au-dessus du plan de l'écliptique. Nous sommes donc engagés à rechercher si Uranus et l'essaim ont pu se trouver simultanément en ce point, c'est-à-dire dans le voisinage du nœud de l'orbite. Et, sans entrer dans le détail de la démonstration de Le Verrier, nous dirons, d'après lui, que rien de pareil n'a pu avoir lieu avant l'an 126 de notre ère, et qu'au commencement de cette année l'essaim a dû s'approcher d'Uranus. C'est donc de cette époque que daterait le phénomène de novembre.

En admettant cette manière de voir, il faut donc reconnaître en résumé que l'essaim des astéroïdes de novembre nous est venu des profondeurs de l'espace et que dans l'intervalle de chacune des périodes il retourne vers les planètes supérieures. Cela posé, M. Le Verrier montre par le calcul que, la période des retours étant de $33\frac{1}{4}$ ans, comme on l'a déterminé à l'aide des observations, et la distance périhélie étant de 0,989 du rayon de l'orbite terrestre, on trouve pour les éléments de l'orbite des astéroïdes de novembre :

Durée de la révolution.	33ans,25
Demi grand axe.	10 34
Exeentrieité.	0 904
Distanee périhélie.	0 984
Inelinaison de l'orbite	14° 41′
Longitude du nœud descendant	51 18
Sens du mouvement.	rétrograde

Or, comme l'a reeonnu M. Peters[1], ees éléments sont très voisins de ceux de la première eomète de 1866 déconverte à Marseille par M. Tempel. En effet, les éléments de eette eomète sont :

Durée de la révolution	33ans,18
Demi grand axe.	10 32
Excentricité.	0 905
Distanee périhélie.	0 977
Inelinaison de l'orbite.	17° 18′
Longitude du nœud descendant	51 26
Sens du mouvement.	rétrograde

Comme on voit, la ressemblanee est frappante. Faut-il en eonelure à l'identité? C'est l'avis de plusieurs astronomes des plus autorisés, tels que MM. Le Verrier, Sehiaparelli, Peters, John Herschel, etc.

D'ailleurs, l'analogie que nous venons de signaler n'est pas unique. Dans le mémoire cité plus haut, M. Sehiaparelli montre que l'essaim d'astéroïdes du mois d'août, dont la période est de 108 ans, est de même identique à la grande comète de 1862. Il est très probable qu'on retrouvera des faits de même genre pour les autres essaims d'étoiles filantes.

Tout le monde sera d'aeeord pour reconnaître l'immense importance de ces faits. Il en résulte, relativement à l'origine des étoiles filantes, une très grande simplifieation, puisque la question, au lieu de constituer un problème spécial, se confond dans celle qui a trait à l'origine des eomètes.

Malheureusement pour les météorites, l'élément principal d'identifieation manque absolument; le phénomène ne laissant, au moins jusqu'ici, pressentir aucune périodicité dans ses manifestations.

Pour de savants physieiens, parmi lesquels il faut eiter le docteur Mayer[2], M. Waterston et M. William Thomson, la lumière zodiacale est due à un courant très serré de météorites, déerivant autour du Soleil soit une trajectoire rectiligne, soit une héliee qui s'arrête au moment de leur ehute à la surface de l'astre.

Cette manière de voir, qui a été défendue avee le plus grand talent, ne paraît pas toutefois devoir être adoptée sans une diseussion eomplète.

Comme le fait très justement remarquer un de nos plus savants astronomes, M. Faye, on a négligé de soumettre eette ingénieuse hypothèse au eontrôle de nos sens. Or, les données de l'observation paraissent en eontradietion avec les exi-

1. *Astronomische Nachrichten*, n° 1626.
2. *Dynamik des Himmels.*

genees de l'hypothèse dont il s'agit. Nous aurons dans un moment l'occasion de revenir sur ce point.

Dans la pensée de ses auteurs, la théorie que nous venons de citer donne, si elle est fondée, l'explication d'un grand fait jusqu'ici plein de mystère : l'entretien de la chaleur solaire.

Le Soleil déverse sans cesse dans l'espace de la chaleur et de la lumière ; or, il ne les crée pas et ne peut dépenser que ce qu'il a reçu d'ailleurs. Qu'a-t-il reçu et d'où a-t-il reçu ?

Selon l'idée la plus généralement admise, le Soleil est un feu qui ne diffère des foyers terrestres que par sa dimension et l'énergie de sa combustion. Mais cette manière de voir, si simple en apparence, devient insoutenable dès qu'on l'examine.

Supposons que le Soleil soit un bloc de houille et qu'il reçoive assez d'oxygène pour produire en brûlant la quantité de chaleur qu'il fournit actuellement ; on a calculé qu'au bout de cinq mille ans il serait consumé.

Une autre manière de voir consiste à faire du Soleil un corps primitivement chauffé et abandonné depuis au refroidissement. Or, en dotant le Soleil des propriétés les plus favorables à cette hypothèse, on trouve qu'en cinq cents ans il se refroidirait de 8000 degrés ! Il faudrait donc, pour qu'il ne fût pas complètement refroidi, qu'il eût eu à l'origine une température telle que nous n'avons nul moyen de nous en faire une idée.

La conséquence de tout cela, c'est qu'il doit éviter pour le Soleil un moyen de réparer ses pertes. M. le docteur Mayer voit ce moyen dans l'anneau de météorites dont il vient d'être question.

Dans son beau livre sur la *chaleur considérée comme un mode de mouvement*[1] M. Tyndall a exposé avec talent l'hypothèse qui nous occupe. Nous lui empruntons quelques passages.

Nous observons la chute d'une pomme, et nous cherchons la loi qui régit son mouvement. A la place de la Terre nous mettons le Soleil, à la place de la pomme, nous mettons la Terre, et nous entrons ainsi en possession de la clef du mécanisme des cieux. Nous connaissons la liaison qui existe entre la hauteur de la chute et la chaleur développée par un corps qui tombe à la surface de la Terre ; à la place de la Terre, mettons le Soleil, dont la masse est égale à 300 000 fois celle de la Terre, au lieu d'une chute de quelques mètres, prenons des chutes correspondantes à des distances cosmiques, et rien ne nous manquera pour engendrer une chaleur qui surpasse toutes les chaleurs terrestres. Il est aisé de calculer le maximum et le minimum de la vitesse communiquée par l'attraction du Soleil à un astéroïde qui circule autour de lui ; le maximum est engendré lorsque le corps s'approche en ligne droite du Soleil, venant d'une distance infinie, puisque alors la force entière de l'attraction s'est exercée sur lui sans aucune perte, le minimum est la vitesse qui serait simplement capable de faire tourner autour du Soleil un corps tout à fait voisin de sa surface.

La vitesse finale du premier corps au moment où il va frapper le Soleil serait de 627 kilomètres par seconde ; celle du second de 444 kilomètres. L'astéroïde, en

1. Pages 416 et suivantes de la traduction française.

frappant le Soleil avec la première vitesse, développerait plus de 9000 fois la chaleur engendrée par la combustion d'une masse égale de houille ; le Soleil, dans le second cas, engendrerait une chaleur égale à celle de la combustion de plus de 4000 masses semblables de houille. Il n'est donc nullement nécessaire que les substances qui tombent sur le Soleil soient combustibles; leur combustibilité n'ajouterait pas sensiblement à l'épouvantable chaleur produite par leur collision ou choc mécanique.

On voit que l'on a là un mode de génération de chaleur suffisant pour rendre au Soleil son énergie à mesure qu'il la perd et pour maintenir à sa surface une température qui surpasse celle de toutes les combustions terrestres.

Toutefois on n'a pas tardé à reconnaître dans cette manière de voir des difficultés considérables.

En effet, comme l'a fait remarquer M. Faye, il est beaucoup plus difficile qu'on ne le croit communément de faire tomber sur le Soleil quelque chose venant des espaces célestes. Si le Soleil était seul et immobile au centre du monde, exerçant son action sur la matière également immobile et disséminée au loin dans l'espace, on pourrait concevoir que cette matière attirée vers le Soleil tombât sur lui en ligne droite; mais les choses ne se passent pas ainsi; le Soleil n'est qu'une unité dans le nombre immense des soleils qui peuplent l'espace ; il marche, et toute matière a aussi sa vitesse propre, résultat des actions diverses qui s'exercent sur elle de tous côtés. Dès lors, le mouvement curviligne dans une orbite ouverte ou fermée est le cas général, et la chute rectiligne d'un aérolithe sur un de ces soleils n'est plus qu'un cas particulier que votre esprit conçoit, mais que vos yeux ne voient jamais réalisé.

C'est par suite de ces raisons que M. Thomson modifia la théorie de M. Mayer, à laquelle M. Waterston s'était rallié. Au lieu de la chute rectiligne de la matière cosmique sur le Soleil, M. Thomson a eu recours à une combinaison plus scientifique au premier aspect. Les corps célestes peuvent se rencontrer en effet, non plus par une chute directe de l'un sur l'autre, mais en vertu de leurs mouvements orbitaires, lorsque ces orbites viennent à se croiser. Or, il existait, dans la science, à l'époque où M. Thomson jetait les bases de son système, une idée très répandue, celle qu'un corps se mouvant autour d'un centre d'attraction dans un milieu résistant doit décrire, autour de ce centre, une spirale dont les spires vont en se rétrécissant sans cesse, de sorte que ce mobile doit finalement atteindre et heurter le corps central.

En admettant donc que la matière destinée à alimenter le Soleil se meuve dans ce milieu résistant dont on a tant parlé à propos des comètes, milieu dont la densité doit aller en croissant vers le Soleil, on aura, non plus par le choc direct, mais par le frottement contre la surface solaire, le même résultat que par les aérolithes de MM. Mayer et Waterston, c'est-à-dire une production de lumière et de chaleur : bien plus, on expliquera la rotation du Soleil lui-même, que Laplace prenait, lui, ainsi que sa chaleur, pour fait primordial. Au point de vue de la théorie mécanique de la chaleur, la différence entre les deux formes de l'hypothèse, consiste en ce que dans le système de M Thomson, la quantité de matière requise est double de celle qu'exige le système de M. Waterston, mais au point de vue intrinsèque de l'idée, la différence est plus grande : aussi tous les savants anglais qui

tiennent pour cette explication de la chaleur solaire ont-ils adopté l'idée de M. Thomson.

« J'ai montré néanmoins, il y a quelques années, ajoute M. Faye, par des recherches dirigées dans un tout autre but, combien cette conception nouvelle est, elle-même, peu admissible[1]. On ne peut concevoir, en effet, un milieu matériel résistant autour du Soleil qu'à la condition de le faire circuler : or, dans le cas d'un milieu circulant, les choses ne se passent plus comme dans un milieu immobile, le grand axe de l'orbite d'un corps circulant dans ce milieu ne va plus en diminuant indéfiniment ; c'est son excentricité qui diminue avec le plus de rapidité, et quand elle est assez atténuée, le grand axe à son tour cesse de décroître et le corps ne risque plus de tomber sur le Soleil.

« Ce n'est pas tout : le premier soin, pour une hypothèse de ce genre, ce devrait être, j'imagine de la soumettre au contrôle de nos sens. On a oublié de le faire pour celle dont je parle ; il ne faut donc pas s'étonner, si un observateur qui a longtemps étudié la surface du Soleil, se croit obligé de vous avertir que les choses ne se passent pas du tout comme on vient de le supposer. S'il existait une provision de matière en contact avec la surface solaire et frottant sur la surface de cet astre avec l'énorme vitesse planétaire de cette région de manière à produire à la fois la lumière, la chaleur et jusqu'à la rotation du Soleil, cette matière serait incandescente, et l'on en verrait quelque chose. Or, il suffit de regarder le Soleil avec un grossissement quelconque, pour s'assurer qu'on ne voit rien de semblable. Les phénomènes des taches des facules, la figure même du Soleil, sont loin de s'accommoder de cette hypothèse, et, quant aux éclipses, où l'on devrait si bien voir toutes ces choses, je ne puis assez admirer que ce soient précisément les partisans de cette hypothèse qui admettent en même temps autour du Soleil une atmosphère où se trouvent suspendus, fort tranquillement, des nuages de toutes couleurs, dont l'immobilité (relativement à la surface du Soleil) nous serait dévoilée par la manière régulière dont la Lune les masque et les démasque à nos yeux. Ne vous semble-t-il pas que le frottement de la matière cosmique faisant en moins de trois heures le tour du Soleil, n'est guère compatible avec ces nuages immobiles, avec les délinéaments délicats de l'auréole ? »

Ce sont là évidemment des objections bien graves que les études ultérieures pourront seules ou confirmer ou détruire.

L'absence des météorites dans les couches géologiques peut être le résultat de la destruction de ces corps sous l'influence des agents naturels. Peut-être quelques-uns de ces rognons de fer oxydé (limonites) que l'on rencontre dans divers terrains, représentent-ils d'anciennes masses de météoriques transformées par l'action des eaux. On résoudrait peut-être la question en recherchant dans ces masses la présence du nickel, qui resterait le caractère distinctif des productions météoriques.

Il y aurait, en vue de la solution de ces questions, un très grand intérêt à soumettre à une étude suivie la manière dont les météorites s'altèrent, pour rechercher si le produit final de cette transformation n'aurait pas les caractères de quelques corps terrestres que nous connaissons et sur l'origine desquels on est encore indécis.

1. Sur le milieu résistant. *Comptes rendus*, etc., t. L, p. 75, et Examen d'un mémoire de M. Plana, sur la force répulsive et le milieu résistant, *Même recueil*, t. LIII. p. 256.

Le fait est que les pierres météoriques, à peine arrivées à la surface du globe, subissent certaines modifications.

Au moment de leur chute, presque toutes dégagent une odeur sulfureuse qui ne tarde pas à disparaître d'une manière complète; par exemple, M. Biot, parlant des météorites de Laigle, dit[1] : « Les plus grosses de ces pierres, lorsqu'on les casse, exhalent encore une odeur sulfureuse très forte dans leur intérieur ; celle de leur surface a disparu, et les plus petites n'en exhalent plus qui soit sensible; en sorte que l'odeur exhalée par les plus grosses paraît aussi de nature à disparaître avec le temps. » C'est en effet ce qui a eu lieu.

Un autre résultat de l'observation, le seul, du reste, dont nous voulions parler ici, est que beaucoup de météorites pierreuses sont friables au moment de leur arrivée, et deviennent ensuite beaucoup plus dures. Parmi les très nombreux exemples que nous pourrions invoquer, nous en citerons seulement deux.

« Ces pierres (celles de Weston, 14 décembre 1807), dit Bigot de Marogères[2], étaient encore chaudes lorsqu'elles furent ramassées. Au moment de leur chute, elles étaient friables et se laissaient briser entre les doigts, surtout quand elles avaient été enfoncées pendant quelque temps dans la terre humide; mais elles se durcirent peu à peu par leur exposition à l'air, au point de ne plus être friables.

Biot, qui a si admirablement discuté les faits relatifs à la chute de Laigle, signale aussi le durcissement dont il s'agit :

« Observons encore une circonstance très importante, dit-il. Puisque les paysans avaient sur le lieu même et en peu de temps détaché tant de fragments de cette masse minérale, il paraît qu'elle n'avait pas alors l'excessive dureté que nous lui trouvons aujourd'hui. En effet, votre confrère Leblond assure que, lorsqu'elle fut portée chez lui, elle était encore facile à casser, et les petits morceaux que l'on en séparait, s'égrenaient sous les doigts. Voilà assurément un fait attesté par un témoin oculaire digne de toute confiance. La même chose m'a été affirmée depuis, dans vingt endroits différents, et par tous ceux qui ont manié ces substances dans les premiers moments. »

Lorsqu'on admet, comme nous venons d'y être conduits, que les météorites ont une origine extra-terrestre, il faut reconnaître que leur arrivée a pour conséquence inévitable d'augmenter la masse de notre globe.

Or, cette augmentation, pourvu que sa valeur soit suffisante, a nécessairement pour effet de modifier la marche de notre planète.

On a même voulu y voir une des causes de l'accélération séculaire du moyen mouvement de la Lune.

On sait que la théorie de Laplace donnait une accélération séculaire de 6 secondes, et l'observation une accélération de 12 secondes à peu près.

Il y a donc 6 secondes dont on ne rend pas compte et qu'on a tenté d'expliquer de diverses façons. M. Ch. Dufour pense que l'arrivée des météorites résout la question. « Pendant un siècle, dit-il[3], la Lune accomplit à peu près 1337 révolutions, et 6 secondes représentent $\frac{1}{288\,800\,000}$ de cette quantité-là. Pour augmenter la vitesse de la Lune de cette quantité, il faudrait que la masse de la Terre augmentât

1. *Rapport sur la chute de l'Aigle. Mélanges scientifiques et littéraires*, t. I, p. 41.
2. *Mémoires sur les chutes de pierres*, p. 213.
3. *Comptes rendus*, etc., t. LXII, p. 840.

de $\frac{1}{144\,400\,000}$, abstraction faite de l'influence que pourrait avoir cette augmentation de masse sur la forme de l'orbite lunaire. Or, en présence de valeurs de cet ordre, la quantité de matière apportée par les aérolithes en un siècle n'est pas un infiniment petit. En supposant que leur densité soit les $\frac{2}{3}$ de celle du globe, il faudrait pour cela une chute de 11 000 kilomètres cubes par siècle ou de 110 en un an. La Terre a 500 000 000 de kilomètres carrés, la France en a 500 000 à peu près. La France est donc la $\frac{1}{1000}$ partie de la surface du globe; il faudrait donc qu'il tombât annuellement sur la surface de la France 11 kilomètres cubes de substances pour produire l'accélération de 6 secondes. Mais il n'y a pas besoin de tout cela, car l'action des marées doit aussi produire quelque chose, comme on l'a fort bien montré dans les derniers temps; il reste donc à expliquer non plus une accélération de 6 secondes, mais seulement ce qui n'est pas dû aux causes indiquées par Laplace et par M. Delaunay; nous arrivons donc ici à des chiffres qui n'ont rien d'impossible. »

Il nous sera permis de ne pas être de cet avis. Les résultats numériques de M. Dufour sont si effroyablement loin de ceux qui résultent de l'observation, que nous ne pouvons attribuer à la cause qu'il spécialise qu'une influence tout à fait secondaire. On en sera convaincu en lisant les lignes suivantes, que nous empruntons au remarquable travail de M. Daubrée[1] : « Pendant chacune des deux années 1863 et 1864, on a cité trois chutes de météorites en Europe. En admettant que cette partie du monde n'ait pas été particulièrement favorisée, et en remarquant qu'elle représente les seize millièmes de la surface totale du globe, on arriverait pour cette dernière au chiffre de 180 météorites. Si, à raison de la facilité avec laquelle les chutes peuvent passer inaperçues, on porte ce nombre au triple, ce qui n'est sans doute pas exagéré, on trouve un total de 600 à 700 pour le nombre annuel des chutes. » Cela ne fait peut-être pas 1 mètre cube, et il s'en faut, comme on voit, que les 110 kilomètres cubes exigés par M. Dufour soient réalisés.

Rappelons à ce sujet que l'augmentation de masse résultant de l'arrivée des météorites sur le Soleil avait été posée comme une objection aux partisans de l'origine météorique de la chaleur solaire. Mais, comme le fait remarquer M. Tyndall[2], la quantité de matière nécessaire à la radiation observée, quand même elle serait accumulée pendant quatre mille ans, échapperait entièrement à l'examen fait avec nos instruments les plus puissants.

Distribution géographique des chutes. — Il nous reste, pour en avoir fini avec ces considérations générales, à rechercher comment est réglée la distribution géographique des chutes. On pourrait croire qu'elle est sensiblement uniforme à la surface de la Terre; il ne paraît cependant pas en être ainsi.

Certaines contrées semblent, pour ainsi dire, favorisées. Par exemple, sur environ 150 chutes de *pierres* bien constatées, je n'en trouve pas moins de 50 appartenant aux Indes, c'est-à-dire 33 pour 100, bien que la surface de la péninsule soit bien loin de représenter le tiers de la surface des pays où les chutes sont observées.

Nul doute, d'ailleurs, que ces 50 chutes ne soient qu'une partie de celles qui ont lieu dans ce pays.

1. *Rapport sur les progrès de la géologie expérimentale*, p. 101; 1867.
2. *La chaleur considérée comme mode de mouvement*, p. 417 de la traduction française.

Il est intéressant de les donner ici par ordre de date, afin que l'on puisse facilement combler les lacunes :

1. 1798, 13 décembre, Krakhut, Bénarès.
2. 1802, 13 décembre, Allahabad, Bengale.
3. 1808, 13 décembre, Moradabad, Bengale.
4. 1810, 10 juillet, Allahabad, Futtehpore.
5. 1814, 5 novembre, Bezock, Lapk.
6. 1815, 18 février, Durala, Patyala.
7. 1822, 7 août, Agra.
8. 1822, 30 novembre, Futtehpore, Allahabad.
9. 1822 ou 1823, Umballa.
10. 1825, 16 janvier, Oriang, Malwa.
11. 1827, 16 février, Mhow, Ghazeepore.
12. 1834, 12 juin, Charwallas, Hissar.
13. 1838, 29 janvier, Kaee, Sandee, Oude.
14. 1838, 18 avril, Akburpur, Saharanpore.
15. 1838, 6 juin, Chandakapur, Behar.
16. 1842, 30 novembre, Jeetala, Mormouree.
17. 1843, 26 juillet, Manegaum, Eidulabad.
18. 1846, 26 juillet, Assam.
19. 1848, 15 février, Negloor.
20. 1850, 30 novembre, Shalka, Bancoorah, Bengale.
21. 1852, 23 janvier, Yatoor, Nellore, Madras
22. 1852, 2 décembre, Busti, Gorruekpoore.
23. 1853, 6 mars, Seegowlee, Bengale.
24. 1857, 28 février, Parnallee, Madras.
25. 1857, 27 décembre, Pegu, Quenggouk.
26. 1860, 28 mars, Khirargurh, Bhurtpur.
27. 1860, 16 juin, Kusiali, Kumaon, Guhrwal.
28. 1860, 14 juillet, Dhurmsalla, Punjab.
29. 1861, 12 mai, Butsura, Piprassi.
30. 1863, 16 mars, Pulsora, Rutlam, Indore.
31. 1863, 11 août, Shytal, Dacca.
32. 1863, 22 décembre, Manbhoom. Bengale.
33. 1865, 19 janvier, Mouza-Khoorna, Gorruckpoore.
34. 1865, 23 mai, Gopalpur, Jessore.
35. 1865, 25 août, Shergotty, Gya, Behar.
36. 1865, 21 septembre, Muddoor, Mysore, Madras.
37. 1865, 21 septembre, Bubuowly, Gorruckpoore.
38. 1866, 22 mai, Pokhra, Busti, Gorrukpoore.
39. 1866, 5 octobre, Jamkheir, Ahmeduuggur, Bombay.
40. 1867, 19 janvier, Khetree, Rajpootana.
41. 1868, 1er octobre, Lodran, Mootlan.
42. 1868, 22 décembre, Motecka Nugla, Rhatpoore.
43. 1869, 1er septembre, Tjabé, Netherland.
44. 1872, 8 mai, Dyalpur, Oude.

45. 1873, juin, Jhung, Pundjab.
46. 1873, 23 septembre, Khairpur.
47. 1775, 4 mars, Sitathali, Rajpootana.
48. 1876, 16 février, Judesgherry, Mysore
49. 1876, 27 octobre, Nageria, Ayra.
50. 1878, 5 septembre, Dandapur, Goruckpa.

Il est très curieux qu'à côté de ces cinquante pierres, l'Inde ne puisse citer que *quatre* fers météoriques. Ce sont :

1. 1620, Tschalinda, à 20 milles O.-S.-O. de Lahore.
2. 1811, Panganoor, Carnatique, Dekan.
3. 1870, 23 janvier, Nedagolla, Vizagapatam.
4. (?) Snigpur, Poonah, Dekan.

On remarque le fait contraire aux États-Unis, où le nombre des pierres n'a rien de particulier, mais où les fers sont répandus avec une profusion très digne d'intérêt.

En effet, sur 110 fers environ que l'on connaît aujourd'hui, *plus de la moitié* ont été recueillis aux États-Unis. Voici les noms des principaux d'entre eux avec la date de leur découverte :

1. 1780, Kinsdale, Connecticut.
2. 1814, Red River, Texas.
3. 1814, Scriba, Oswego, New-York.
4. 1818, Lockport, Cambria, New-York.
5. 1819, Burlington, Oswego, New-York.
6. 1820, Guildford County, Caroline du Nord.
7. 1822, Randolph, Caroline du Nord.
8. 1828, Bedford, Pensylvanie.
9. 1832, Walker (ou Morgan), Alabama.
10. 1834, Chulafinnie, Claiborne, Clarke, Alabama.
11. 1834, Dacotah.
12. 1835, Charlotte, Dickson, Tennessee.
13. 1835, Black Mountains, Buncombe, Caroline du Nord.
14. 1839, Ashville, Buncombe, Caroline du Nord.
15. 1839, Putnam, Géorgie.
16. 1840, Coke County, Tennessee.
17. 1840, Smithland, Livingstone, Kentucky.
18. 1842, Babb's Mill, Green County, Tennessee.
19. 1845, Caryford, De Kalb County, Tennessee.
20. 1845, Ostego, New-York.
21. 1845, Pisgah Mountains, Caroline du Nord.
22. 1845, Sevier C°, Tennessee.
23. 1846, Jackson County, Tennessee.
24. 1846, White Mountains, New-Hampshire.
25. 1846, Carthage, Smith C°, Tennessee.
26. 1847, Murfreesboro, Rutherford C°, Tennessee

27. 1847, Chesterville, Caroline du Sud.
28. 1850, Salt River, Kentucky.
29. 1850, Ruff Mountain, Caroline du Sud.
30. 1850, Colomba Falls, Caroline du Sud.
31. 1850, Seneca River, Cayuga, New-York.
32. 1850, Pittsburg, Pensylvanie.
33. 1853, Tazewell, Claiborne, Tennessee.
34. 1853, Campbell County, Tennessee.
35. 1854, Octibbeha C°, Mississipi.
36. 1854, Putnam, Géorgie.
37. 1854, Union County, Géorgie.
38. 1854, Haywood C°, Caroline du Nord.
39. 1856, Denton, Texas.
40. 1856, Nelson County, Kentucky.
41. 1856, Jewell Hill, Madison C°, Caroline du Nord.
42. 1856, Marshall C°, Kentucky.
43. 1856, Brazos, Texas.
44. 1856, Nebraska.
45. 1859, Wayne C°, Ohio.
46. 1860, Lagrange, Oldham C°, Kentucky.
47. 1860, Coopertown, Robertson, Tennessee.
48. 1860, Rogue River, Orégon.
49. 1862, Howard C°, Indiana.
50. 1865, Russel Gulch, Colorado.
51. 1866, Frankfort, Franklyn C°, Kentucky.
52. 1866, Missouri.
53. 1866, Bear-Creek, Deuverlity, Colorado.
54. 1869, Trenton, Milwaukee, Wisconsin.
55. 1869, Augusta, Strauton, Virginie.
56. 1870, Shingle, Springs, Eldoudo C°, Californie.
57. 1870, Rockingham, Smith's mountains, Virginie.
58. 1876, Bates C°, Missouri.
59. 1877, Poplar Camp, Virginie.
60. 1877, Casey C°, Kentucky.
61. 1877, Dalton, Whitfield C°, Géorgie.
62. 1879, Lick-Creek.
63. 1879, Estherville, Jowa.
64. 1880, Lexington C°, Caroline du Sud.
65. (?) Grayson, Virginie.
66. (?) Roanoke, Virginie.
67. (?) Ashe, Caroline du Nord.
68. (?) Auburn, Macon C°.

Parmi les régions très privilégiées, il faut citer le Bolson de Mapini [1], ou désert

1. *Silliman's American journal*, 3e série. t. II, page 335 ; 1871.

mexicain, qui occupe la portion occidentale de la province de Cohahuila et la portion orientale de la province de Chihuahua. Il n'a que 400 milles de l'est à l'ouest et 500 du nord au sud, borné au nord par le rio Grande, et malgré ces dimensions relativement restreintes, les localités où diverses masses météoriques ont été recueillies y sont au nombre de six. Ce sont celles où gisaient :

1° Le *fer de Cohahuila*[1] (proprement dit) ;

2° *Le fer de Cohahuila* (Butcher, 1868)[2];

3° *Le fer de San Gregorio*, fer énorme qui est toujours dans son gisement ;

4° *Celui de Chihuahua*, qui est toujours en place à la hacienda de Concepcion, à 10 milles de Zapata. On a calculé que son poids est de 4000 pounds ;

5° Un bloc récemment découvert, dont aucun spécimen n'a été détaché, et qu'on dit être plus grand qu'aucun autre trouvé jusqu'ici dans cette région ;

6° Le fer de *Tuczon*, dit aussi *Siquel meteorit*, ou *météorite d'Acrisa*[3].

Il y a naturellement lieu de se demander quelle est la cause du grand nombre de météorites de cette région. D'après ses études, Lawrence Smith pensait qu'elles représentent deux chutes distinctes. Avant tout il note que le n° 6, la météorite de Siquel ou d'*Acrisa* (Tuczon), a des caractères physiques et chimiques qui la sépare nettement de toutes les autres.

Les numéros 1, 2 et 5, examinés chimiquement, paraissent se ressembler beaucoup pour la composition, de même que pour les propriétés physiques comme pour la douceur du fer et l'absence d'écorce rugueuse à l'extérieur, les échantillons observés étant tous plus ou moins brillants sur les surfaces naturelles.

L'auteur n'a pas eu l'occasion de soumettre à la comparaison les figures de Widmanstætten, car, sauf pour le n° 1, on n'a eu que de petits débris détachés de la surface au moyen d'un ciseau à froid et qui sont impropres à l'étude des figures.

De ces recherches il ressort donc de fortes raisons pour supposer qu'à une certaine époque, probablement reculée, les masses météoriques 1, 2, 3, 4 et 5 formèrent le produit de la chute d'une masse météoritique se mouvant du nord-est au sud-ouest. Les plus petits éclats tombèrent les premiers, aux points 1 et 2, et les plus grands plus loin. Les distances réciproques de ces corps sont, de 1 à 2, environ 85 milles ; de 2 à 5, 155 milles ; de 5 à 3, 165 milles ; de 3 à 4, 90 milles.

Lawrence Smith remarque que pendant les dix-huit dernières années (on était en 1877), il y a eu, aux États-Unis, douze chutes de météorites qui ont été recueillies ; toutes ces chutes ont été décrites par ce chimiste, qui en a envoyé des échantillons à différents musées d'Amérique et d'Europe. En estimant la quantité de matière minérale qu'elles ont fournie, il a été frappé de ce fait remarquable que la plupart d'entre elles, représentant plus de 1000 kilogrammes de matière, sont tombées dans la région des prairies de l'Ouest, et sur une surface qui n'excède pas 1/8 de l'étendue des États-Unis.

Contrairement à l'idée qui se présente d'abord, on ne peut attribuer ce fait à ce que cette région est plus peuplée, et par conséquent plus riche en observateurs.

1. *Silliman's American journal*, avril 1870.
2. *Silliman*, 1870,
3. *Silliman*, 1854 note.

Une circonstance encore plus frappante est celle-ci, que dans ces soixante dernières années il y a eu, aux États-Unis, vingt chutes bien observées de météorites, parmi lesquelles deux sont tombées dans cette même région de l'Ouest; de plus, ces chutes y ont apporté environ 1200 kilogrammes de substance minérale, c'est-à-dire une quantité vingt fois plus grande que celle des deux autres chutes, qui, pendant la période précitée, ont eu lieu en dehors de cette région.

D'ailleurs à côté de pays comme la Suisse, où les chutes sont très rares, il est des régions particulièrement favorisées, au moins depuis le commencement de ce siècle; telles sont certaines parties du midi de la France, de la Russie occidentale, de l'Algérie.

C'est ainsi qu'en 1863, et à 67 jours d'intervalle, deux chutes ont eu lieu en des points très voisins : l'une, le 2 juin, à Buschof, en Courlande; l'autre, le 8 août, à Pillitsfer, en Livonie, et que, moins d'une année après, le 12 avril 1864, une troisième chute a été observée à Nerft, en Courlande.

On a, sur le territoire même de la France, un exemple très intéressant de la localisation des chutes de météorites. Les chutes françaises, représentées au Muséum, sont au nombre de : seize d'entre elles appartiennent à nos départements les plus méridionaux.

Ce sont, par ordre chronologique :

1. 1790, Barbotan, Gers.
2. 1803, Apt, Saurette, Vaucluse.
3. 1806, Alais, Gard.
4. 1812, Toulouse, Haute-Garonne.
5. 1814, Agen, Lot-et-Garonne.
6. 1821, Juvinas, Ardèche.
7. 1826, Galapian, Lot-et-Garonne.
8. 1835, Mascombes, Corrèze.
9. 1842, Aumières, Lozère.
10. 1844, Favars, Aveyron.
11. 1858, Montréjeau, Haute-Garonne.
12. 1859, Beuste, Basses-Pyrénées.
13. 1864, Orgueil, Tarn-et-Garonne.
14. 1868, Sauguis-Saint-Étienne, Basses-Pyrénées.
15. 1883, Saint-Caprais de Quinsac, Gironde.
16. (?) Caille, Alpes-Maritimes.

X

POINT DE VUE MÉTÉOROLOGIQUE.

PHÉNOMÈNES ACCOMPAGNANT LA CHUTE DES MÉTÉORITES.

Les météorites diffèrent essentiellement et sous plusieurs rapports des autres corps tombant de l'atmosphère. Les circonstances remarquables dont s'entoure constamment leur chute suffiraient pour les en distinguer d'une manière complète si l'on ne trouvait ailleurs, comme on l'a vu déjà, bien d'autres caractères distinctifs.

Il est, en effet, très digne d'attention que les circonstances qui accompagnent la chute des météorites soient toujours les mêmes. Nous pouvons les décrire d'une manière générale, et la description s'appliquera presque sans changement à chaque chute prise en particulier.

§ 1. — *Bolides.*

La première phase du phénomène consiste dans l'arrivée, dans les hautes régions de l'atmosphère, d'un globe de feu ou *bolide* (fig. 120).

Dans certains cas, ce météore n'a pas été aperçu, mais on peut croire que sa présence était simplement dissimulée soit par l'interposition d'une couche de nuages, soit par le voisinage du soleil qui en éteignait l'éclat. Dans les conditions favorables, c'est-à-dire par de belles nuits, l'éclat des globes de feu est souvent remarquable. Ainsi, il n'est pas rare que la lumière de la Lune dans son plein soit complètement effacée par la leur. C'est, pour citer quelques exemples entre mille, ce qui a eu lieu le 24 juillet 1790 lors du bolide de Barbotan (Gers), le 19 décembre 1798 pour celui de Bénarès (Inde), le 14 mai 1864 pour celui d'Orgueil (Tarn-et-Garonne), etc.

Couleur des bolides. — Loin de présenter tous rigoureusement la même couleur, les bolides varient sous ce rapport à peu près comme les étoiles filantes.

Ainsi, le bolide de Barbotan, que nous venons de citer, était d'un blanc mat et blafard ; celui de Saint-Mesmin, Aube (30 mai 1866), était rougeâtre ; celui d'Orgueil, déjà mentionné, d'abord rouge, passa au blanc.

Grosseur des bolides. — Divers observateurs ont estimé la grosseur des bolides et, comme il serait facile de le prévoir, ces estimations ont été très diverses, même pour un même météore.

En effet, il s'agit là d'une simple apparence, dépourvue de tout point de repère et variable naturellement avec la situation d'où on l'observe.

Il y a néanmoins de l'intérêt à citer quelques évaluations extrêmes. En général,

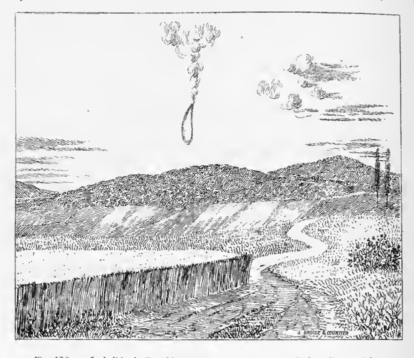


Fig. 120. — Le bolide de Knyahinya au moment de son entrée dans l'atmosphère. D'après Haidinger.

comme pour Barbotan, le diamètre apparent du globe paraît plus grand que celui de la Lune; quelquefois cependant, comme à Weston (Connecticut), 14 déc. 1807, il ne semblait avoir que la moitié ou les deux tiers de celui de notre satellite. On en voit de beaucoup plus petits, mais d'ordinaire ils s'éteignent sans donner lieu aux phénomènes que présentent les bolides d'où dérivent les météorites.

D'ailleurs, l'éclat du météore dispose l'observateur à se faire illusion quant à sa dimension veritable, par suite du phénomène bien connu de l'irradiation. Il est possible que les bolides soient en réalité beaucoup plus petits qu'ils ne paraissent, et c'est ce qui ressortira pleinement des expériences suivantes, exécutées par Lawrence Smith[1].

Opérant par une belle nuit éclairée par la pleine lune qui devait servir de terme de comparaison, Smith fit choix de trois centres lumineux très intenses, savoir : les rayons du charbon d'une lanterne électrique, le bâton de chaux de la lampe oxhydrique du Drummond et enfin l'extrémité incandescente d'un fil d'acier brûlant dans l'oxygène pur. Évaluant le diamètre de ces sources lumineuses à

1. *Silliman's American journal*, 2e série, t. XIX, mai 1885.

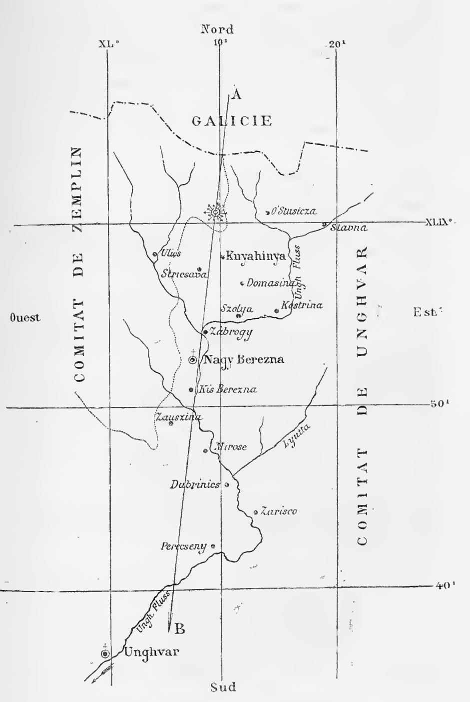


Fig. 121. — Trajectoire du bolide de Knyahinya. D'après Haidinger.

10 pouces de distance, il trouva que la lumière du charbon avait 3/10 de pouce, celle de la chaux 4/10 de pouce et celle de l'acier 2/10 de pouce seulement.

Cela fait, il les observa d'abord à 200 yards, puis à 1/4 de mille et enfin à 1/2 mille; dans chaque cas, il en mesura le diamètre apparent.

Le charbon donna 1/2 diamètre, 3 diamètres et enfin 3 diamètres 1/2 de Lune.

La lumière Drummond, 1/3 de diamètre, 2 diamètres et encore 2 diamètres de la lune.

Enfin l'acier, 1/4 de diamètre de la Lune à 200 yards et 1 diamètre à 1/4 de mille comme à 1/2 mille.

Or, si du diamètre apparent à 1/2 mille, par exemple, on concluait le volume, on trouverait :

Pour le charbon : 80 pieds au lieu de 3/10 de pouce.

Pour la chaux : 50 pieds au lieu de 4/10 de pouce.

Pour l'acier : 25 pieds au lieu de 2/10 de pouce.

L'application de ces résultats à l'observation des bolides se fait d'elle-même, et le faible volume de pierre que fournit ordinairement chaque chute conduit également à faire admettre que le foyer lumineux n'est pas aussi considérable qu'il le paraît.

Trajectoire des bolides. — Les bolides ne sont pas immobiles : ils parcourent avec vitesse une très grande étendue du ciel. La trajectoire qu'ils décrivent est très peu inclinée sur l'horizon, au point de paraître même quelquefois sensiblement horizontale. C'est, entre autres, ce qui a été parfaitement constaté pour le bolide d'Orgueil.

Cette trajectoire est du reste dirigée d'une manière très variable relativement aux points cardinaux : ainsi le bolide d'Orgueil se mouvait sensiblement du nord-ouest au sud-est; celui de Charsonville, Loiret (23 novembre 1820), du sud au nord; celui de Weston, Connecticut (14 décembre 1807), de l'est à l'ouest; celui de l'Aigle, Orne (26 avril 1803), du sud-est au nord-ouest; celui de Bénarès, Indes (19 décembre 1798), de l'ouest à l'est; celui de Barbotan, Gers (24 juillet 1790), du sud au nord, etc.; celui de Knyahinya, du nord-est au sud-ouest (fig. 121).

Vitesse des bolides. — La vitesse avec laquelle les bolides décrivent leur trajectoire a pu être mesurée dans quelques cas, et alors on a trouvé qu'elle est en disproportion complète avec les vitesses que peuvent prendre les corps terrestres :

En effet, tandis que

	MÈTRES PAR SECONDE
Les meilleures locomotives font.	30
Les hirondelles de	30 à 40
L'ouragan	45
Les boulets de canon de.	300 à 400

on trouve que

Les bolides font de	30 000 à 60 000

De pareilles vitesses sont tout à fait de l'ordre de vitesse planétaire. Rappelons

	MÈTRES PAR SECONDE
Mercure parcourt	48 920
Vénus.	35 780
La Terre	30 430
Mars	24 650

Ce fait suffirait pour faire pressentir que les bolides n'ont pas une origine terrestre.

Hauteur des bolides. — On conçoit que leur hauteur ne soit pas très facile à mesurer. Cependant on y est parvenu plusieurs fois, et les résultats obtenus doivent être pris en haute considération, puisqu'ils fourniront peut-être, en outre de renseignements sur les bolides eux-mêmes, quelques données positives sur la hauteur de notre atmosphère.

Le nombre trouvé est en moyenne égal à 65 kilomètres.

M. le colonel Laussedat a fait usage, au sujet du bolide du 14 mai 1864 (Orgueil), d'une méthode ingénieuse pour évaluer d'une manière approchée la hauteur d'un bolide[1]. Voici sommairement en quoi elle consiste : On sait qu'en général les directions des points de la trajectoire apparente d'un corps qui traverse rapidement l'espace sont rapportées, par les observateurs, aux constellations les plus connues ou aux planètes qui se trouvent au-dessus de l'horizon. M. Laussedat pense que la précision de ce genre de déterminatien ne dépasse guère 1 degré, surtout quand les observations sont faites à l'improviste. Cela étant, au moyen d'un globe céleste de 20 à 25 centimètres de diamètre disposé d'après la latitude du lieu et l'heure de l'observation, l'auteur détermine l'azimut et la hauteur apparente de chacun des points du ciel qui ont servi de repères. Cette opération est répétée pour les différentes stations d'où le phénomène a été observé. Les résultats en sont ensuite rapportés sur une carte géographique à grande échelle, sur laquelle les stations sont elles-mêmes marquées d'après leur longitude et d'après leur latitude. On exécute alors, sur le dessin ainsi préparé et par la méthode ordinaire des projections cotées, toutes les constructions nécessaires. Les différents problèmes relatifs au mouvement des corps dont on a obtenu la trajectoire, d'une part en projection horizontale, et d'autre part en projection verticale par les cotes de quelques-uns de ces points, se résolvent ensuite avec la plus grande facilité. Cette méthode, purement graphique, a encore le très grand avantage que chacun des observateurs peut, en la retournant, apprécier le degré d'exactitude de la trajectoire et indiquer, au besoin, les rectifications qu'il pourrait y avoir lieu de lui faire subir. On peut en effet déduire, inversement, du tracé de sa trajectoire sa perspective sur la sphère céleste pour une station quelconque, et reconnaître les écarts plus ou moins considérables de cette perspective comparée à celle qui a été observée.

Cette méthode a montré que le bolide d'Orgueil était, durant sa trajectoire, à des hauteurs qui ont varié de 90 kilomètres à 45 kilomètres.

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LVIII, p. 1100-1864.

Grâce à leur éclat et à leur hauteur, les bolides sont vus en général sur une très grande étendue de pays. Celui qui vient d'être cité a été vu de Gisors (Eure) par Adolphe Brongniart, à une distance de 600 kilomètres[1]. De même, le bolide du 30 mai 1866, qui a éclaté dans l'Aube, a répandu sa lumière à 85 kilomètres à la ronde[2].

Traînées des bolides. — En progressant à travers l'atmosphère, le globe laisse derrière lui un sillage en forme de queue qui, dans certains cas, est doué d'un éclat remarquable. Des traînées de ce genre ont présenté le curieux caractère de per-



Fig. 122. — Traînée du bolide de Slavetic (Croatie), 22 mai 1868.

sister pendant plusieurs minutes et même pendant un temps beaucoup plus long.

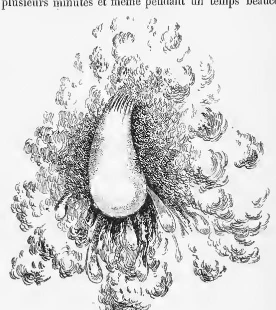


Fig. 123. — Explosion du bolide de Knyahinya. D'après Haidinger.

Ces traînées sont douées de colorations diverses et leur forme varie, non seule-

1-2. *Comptes rendus*, etc., t. LVIII, p. 932.

ment à chaque apparition, mais encore pendant la durée d'un même phénomène. D'ordinaire, c'est une simple queue plus ou moins allongée et grossièrement triangulaire (fig. 120), ou globuleuse (fig. 122), mais parfois c'est une nébulosité d'une forme très compliquée.

Le bolide apparu à Boulogne-sur-Mer, le 20 juin 1866, était suivi, d'après quelques témoins, d'une bande lumineuse parsemée de nœuds plus brillants et contournés en hélice à la manière d'un gigantesque tire-bouchon.

Explosion des bolides. — Après avoir parcouru une trajectoire plus ou moins étendue, le globe fait explosion et on le voit, tout à coup, se diviser en plusieurs éclats qui se précipitent dans diverses directions (fig. 123). Il faut souvent plusieurs minutes pour que le bruit parvienne aux spectateurs : il est alors formidable.

Si l'on réfléchit que ce bruit se produit dans des régions de l'atmosphère où l'air, extrêmement raréfié, se prête très mal à la propagation du son, on reste convaincu qu'il doit prodigieusement dépasser en intensité les divers bruits, même les plus forts, qui viennent habituellement frapper nos oreilles.

En général, l'explosion peut être entendue sur une grande étendue de pays. Ainsi, celle de l'Aigle a retenti à plus de 120 kilomètres, celle de Saint-Mesmin à plus de 85 kilomètres, celle d'Orgueil à plus de 360, etc.

Il est bien rare que l'explosion soit simple ; en général, elle se compose d'un nombre plus ou moins grand de détonations qui font penser à des décharges successives de batteries d'artillerie. Le nombre trois se reproduit d'une manière très remarquable. Il fut entre autres constaté lors des bolides de Charsonville (23 novembre 1820), de Saint-Mesmin (30 mai 1866), d'Orgueil (14 mai 1864), etc.

Ces détonations sont habituellement accompagnées ou suivies d'un roulement simulant un feu de peloton parfois très prolongé et qui subit des renforcements et des affaiblissements successifs. Ce roulement a été souvent comparé à celui d'une voiture pesamment chargée.

Cause de l'incandescence et du bruit des bolides. — A première vue, il est évident que la cause des diverses manifestations lumineuses et sonores des bolides réside dans l'échauffement qu'ils subissent en pénétrant dans l'air avec la formidable vitesse que nous connaissons. Tout d'abord, on pensa que cet échauffement était dû à leur frottement contre l'air. Mais l'explication fut bientôt abandonnée. Regnault[1], et à sa suite M. Govi, de Turin[2], ont en effet montré que le frottement des gaz contre les bolides, même dans les conditions les plus favorables, ne développe pas de chaleur sensible.

Delaunay[3] adopta l'idée déjà émise par Haidinger[4], que l'échauffement résulte de la compression que le bolide fait subir aux particules d'air et, suivant cette idée, il donna de toutes les circonstances du phénomène une interprétation très

1. *Comptes rendus*, t. LXX, p. 794.
2. *Bulletin de l'Association scientifique de France*, t. VI, p. 305.
3. *Comptes rendus*, t. LXI, p. 1023.
4. *Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften zu Wien*, t. LVIII, 8 oct. 1869.

satisfaisante. Fidèles aux idées de Mayer[1] et de Joule[2], divers savants attribuent l'incandescence des bolides à la destruction de leur force vive au moment où ils traversent l'air. Toutefois il ne faut pas appliquer trop rapidement le calcul à des questions aussi compliquées : il conduit à des conséquences évidemment erronées. C'est ainsi que relativement au bolide d'Orvinio, M. Ferrari arrive à trouver que la destruction de sa force vive a dû développer une température égale à 1 936 931 centigrades! Or, si telle était en effet l'origine de la température développée, celle-ci devrait se produire également dans toute la masse du corps cosmique et la matière des météorites, extraordinairement sensible, comme on l'a vu, à l'action de la chaleur, conserverait nécessairement les traces de cet énorme échauffement. L'étude directe des météorites nous a montré, au contraire, que l'échauffement subi dans l'air est exclusivement superficiel; ceci dit, sans chercher pour le moment comment le fait peut se concilier avec la théorie mécanique de la chaleur.

C'est à l'échauffement atmosphérique qu'il faut reporter la production de l'écorce noire qui recouvre les météorites, et les faits dont l'ensemble constitue le *Métamorphisme météoritique*[3] paraissent susceptibles, entre autres applications, de jeter quelque lumière sur ce sujet. La constance de cette croûte rend particulièrement intéressante l'étude de ses caractères d'où l'on peut espérer de tirer des données positives quant à la partie météorologique du phénomène de la chute des pierres.

Pour le moment, je n'ai absolument en vue que les pierres grises susceptibles de métamorphisme, c'est-à-dire celles qui se rangent dans les types désignés sous les noms d'aumalite, de chantonnite, de lucéite, de montréjite, etc. La plupart des échantillons que j'ai étudiés proviennent de la chute si abondante de Pultusk en Pologne (30 janvier 1868), et sont constitués par la chantonnite. D'autres types de pierres présentent également une croûte noire, plus ou moins analogue à celle qui m'a occupé, mais j'en fais ici complètement abstraction.

Mes expériences, dont il suffira de donner un très rapide résumé, sont les unes analytiques et les autres synthétiques.

En premier lieu, j'ai isolé une petite quantité de la croûte noire de Pultusk pour chercher à déterminer sa composition immédiate qualitative. Plusieurs essais, parfaitement concordants quoique portant sur des points d'aspect un peu différent, y ont démontré l'existence de grenailles métalliques, de péridot, de pyroxène et d'une matière colorante noire attaquable. Sa densité est tout à fait comparable à celle de l'intérieur de la pierre (3,57). En un mot, cette croûte présente la composition et les caractères physiques de la tadjérite, c'est-à-dire de la roche métamorphique tombée en 1867 aux environs de Sétif, en Algérie.

Cette même écorce noire, soumise à l'examen microscopique, loin d'être vitreuse, s'est montrée cristalline, au même degré que la chantonnite qu'elle recouvre et que la tadjérite qu'elle reproduit. Dans quelques points on trouve des filaments vitrifiés extrêmement déliés qui tendent à former comme un réseau et souvent même une couche continue, certainement fondue, mais d'une minceur extraordinaire. Ces filaments et cette couche externe sont tout à fait incolores et amorphes; leur origine

1 *Dynamik der Himmel.*
2. *Philosophical transactions*, t. CXL, p. 62.
3. *Cours de géologie comparée*, p. 156.

première paraît en rapport soit avec certaines grenailles métalloïdes comme celles de troïlite, soit avec des traces de minéraux feldspathiques.

Comme conclusion de cette première série d'expériences, on peut dire que les noms de *croûte fondue* et de *vernis* donnés si souvent à l'écorce noire des pierres grises sont tellement exagérés qu'ils sont tout à fait impropres. A la première vue, et dans certains points, la croûte a un aspect bulleux et scoriacé, mais en regardant de très près on reconnaît qu'elle est simplement rugueuse exactement comme la cassure de la portion grise ; on croit y voir souvent des bourrelets, résultant, dit-on, de l'accumulation, sur certaines parties où elle aurait ruisselé, de la matière fondue : mais ce qui montre bien que l'explication est fausse et que ces soi-disant bourrelets sont simplement des accidents de forme de la pierre, c'est que si l'on casse celle-ci dans une direction perpendiculaire, on observe que l'épaisseur de la croûte noire n'y est pas plus grande qu'ailleurs. Quelquefois enfin, on observe à la surface de la croûte un fendillement qui rappelle une scorification ; il doit être dû, au moins dans beaucoup de cas, à la trempe que la surface chaude a éprouvée lors de son contact subit avec les corps terrestres.

Les expériences synthétiques au moyen desquelles j'ai cherché à imiter artificiellement la croûte noire viennent confirmer cette conclusion que la croûte n'est pas le résultat d'une fusion.

Si l'on chauffe au chalumeau un éclat de météorite grise, on n'obtient, en général, rien de comparable à l'écorce qui nous occupe ; la pierre, par suite de l'action oxydante de l'air, devient d'abord d'un brun plus ou moins ocracé, puis elle fond très difficilement sur les bords très minces en un verre brunâtre. Cependant, en opérant dans la flamme réductrice et sur un très petit éclat, on peut obtenir d'abord la coloration en noir, puis la fusion en un verre à peu près incolore quoique piqueté de petits grains noirs.

Cette expérience reproduit les phases que traverse la surface de la pierre pour passer de son état normal à celui de vernis. D'abord sa coloration en noir, si facile à obtenir, comme je l'ai montré dans d'autres occasions, puis sa fusion, c'est-à-dire sa désorganisation complète. Seulement on voit qu'en général le phénomène d'incandescence ne dure pas assez longtemps pour que la fusion atteigne autre chose que l'épiderme en quelque sorte géométrique de la pierre.

Une observation intéressante à faire à cet égard, est celle des points, où, après une fracture accidentelle, mais avant l'arrivée sur le sol, la croûte a commencé à se reconstituer : on voit qu'il s'y est fait une sorte de demi-métamorphisme dont le résultat, comme dans les expériences de laboratoire, a été la production de marbrures noires analogues à celles de la chantonnite, et sans trace de fusion.

Enfin une dernière preuve que la partie principale de la croûte n'a rien de fondu et résulte simplement du métamorphisme de la pierre, est fournie par l'expérience suivante. On prend un petit fragment de météorite grise ayant de la croûte et on le soumet, suivant le procédé connu, au métamorphisme. Après refroidissement, on le brise perpendiculairement à la croûte, et l'on constate que celle-ci a absolument disparu ; c'est-à-dire que toute la matière de la pierre étant devenue noire, le prétendu vernis ne s'en distingue plus en aucune façon. On a réalisé alors la reproduction vigoureuse de la roche de Sétif (tadjérite), où l'on a

signalé l'*absence* de vernis en croyant pouvoir l'attribuer à une fusibilité plus difficile que celle des pierres grises[1].

Il reste maintenant à expliquer la minceur de la croûte noire des météorites et la régularité avec laquelle elle s'est répartie sur toute la surface de chaque pierre.

Or, ces faits tiennent sans aucun doute à la température extraordinairement basse dont la matière météoritique est douée au moment de son entrée dans l'atmosphère; température qu'il a été donné une fois d'observer quoique très grossièrement[2]. C'est à ce même froid interne (pour le dire en passant) qu'il faut rattacher la cohésion des météorites charbonneuses qui, au moment de leur chute, peuvent rebondir sur le sol sans se briser, tandis que ramenées à nos conditions ordinaires elles se désagrègent sous le moindre choc. Mais ce que je veux faire remarquer ici, c'est qu'on peut espérer de rattacher à l'étude du métamorphisme météoritique la *mesure* au moins approximative *de la température de l'espace interplanétaire*, qui a été, comme on sait, l'objet de tant de suppositions contradictoires : en effet, l'épaisseur de la croûte métamorphisée, indépendante de la grosseur de chaque pierre qu'elle recouvre, pourra donner, à la suite de quelques expériences faciles à imaginer, une idée de la température interne des météorites soumises à l'action subite de la chaleur.

En terminant il faut remarquer que l'un des faits qui ont le plus contribué à faire voir dans la croûte des météorites le produit d'une fusion, c'est la forme même des météorites et spécialement le contraste que présentent d'une manière si nette le côté d'avant et le côté d'arrière. Mais les faits connus maintenant ruinent complètement, il me semble, l'idée que la matière disparue sur les arêtes devenues mousses a été fondue. La température considérable de cette fusion aurait laissé sa trace dans la matière de la pierre, tandis que beaucoup de météorites très arrondies sont restées parfaitement blanches. Suivant moi, l'arrondissement de la surface d'avant est dû à une véritable érosion produite par l'air et tout fait comparable à celle que l'eau réalise sur les roches terrestres. Les rides et les bourrelets sont les résultats d'une simple sculpture, la croûte se reformant à l'intérieur de la masse au fur et à mesure qu'elle est usée au dehors et que la chaleur par conséquent gagne plus avant. Considérées à ce point de vue nouveau, certaines météorites, d'ailleurs très nombreuses, offrent pour la forme une ressemblance générale frappante avec ces îles scandinaves dont la côte nord a subi le rabotage du phénomène erratique tandis que l'autre rive a été abritée.

On a vu précédemment à quelle conclusion conduit l'examen direct des météorites grises quant au mode de formation de l'écorce noire dont elles sont revêtues. La croûte dont il s'agit est due avant tout à l'action mécanique, exercée par l'air sur le bolide qui le traverse. Il résulte de cette action mécanique, d'une part, un polissage qui donne lieu à une sorte de faux émail et, d'autre part, un échauffement qui développe la coloration noire. Le phénomène de fusion dont on observe des traces incontestables à l'extérieur du vernis est d'importance tout à fait secondaire.

Il était naturel de se demander si ce résultat de l'examen direct des météorites ne pourrait pas être contrôlé par l'observation des faits qui se passent à la surface

1. *Comptes rendus*, etc., t. LXVI, p. 515.
2. *Ibid.*, t. LIII, p. 1018.

de la Terre, et cette prévision a été justifiée par les études dont je vais donner un rapide résumé.

Les roches polies soit par les rivières ou les fleuves, soit par les chutes d'eau, soit par les vagues, ont été complètement laissées de côté, parce que l'uniformité de l'action mécanique qu'elles subissent, réalise, au moins dans la plupart des cas, des effets tout à fait différents de ceux que présentent les météorites. Pour la même raison j'ai dû écarter également les vernis produits par les glissements dans les failles ou par le rabotage des glaciers. En passant en revue ces diverses roches, j'ai rencontré quelquefois des concrétions accidentelles très propres à induire en erreur si l'on n'y faisait grande attention.

Il m'a paru préférable à tous égards de prendre mes termes de comparaison avec les météorites parmi les fragments de roches abandonnés depuis un temps suffisant à l'action des intempéries et surtout à l'influence prédominante des vents et des poussières qu'ils charrient.

Dans cet ordre de faits, mon attention a été tout d'abord attirée par un échantillon rapporté du Pérou par le voyageur Weddell et enregistré dans les collections du Muséum d'histoire naturelle, sous le signe 10. P. 158 (fig. 124). C'est une



Fig. 124. — Echantillon de dolérite provenant d'Aréquipa et remarquable par sa surface vernissée qui rappelle la croûte des météorites. — Grandeur naturelle.

mimosite à grains fins et un peu péridotifère constituant des blocs isolés dans le sable qui recouvre les flancs du volcan d'Aréquipa.

Les surfaces naturelles de l'échantillon offrent avec celle des météorites ordinaires une telle ressemblance que la dolérite péruvienne placée dans une vitrine au milieu de pierres cosmiques et tournée convenablement ne pourrait sans doute pas en être distinguée. La forme générale de l'échantillon est plus anguleuse que ne le sont d'ordinaire celle des météorites; mais il faut ajouter cependant que parfois celles-ci ne sont guère plus émoussées. C'est le cas par exemple de l'échantillon 2. Q. 405, de la chute de New-Concord, aux États-Unis, et plus encore de l'échan-

tillon 2. Q. 181, de la chute de Tourinne-la-Grosse, en Belgique (fig. 125).

Mais le point sur lequel il importe d'insister, c'est l'existence sur la dolérite d'Aréquipa d'une véritable croûte noire qu'on attribuerait sans hésiter à une fusion superficielle si, entre autres considérations, l'examen microscopique dans la lumière polarisée ne montrait son état entièrement cristallin. Cette croûte n'offre pas,

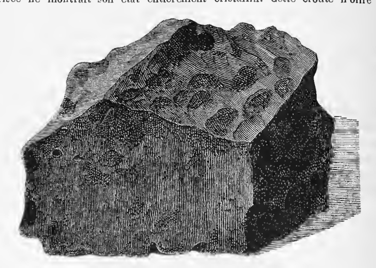


Fig. 125. — Météorite de Tourinne-la-Grosse, dont la forme est celle d'un polyèdre à arêtes peu émoussées.

comme le vernis des météorites, les petits filaments externes qui sont certainement fondus; mais à part cette légère différence la ressemblance est intime.

Ainsi, comme on l'observe chez les météorites, le vernis de la dolérite est très nettement distinct de la roche sous-jacente et peut en être détaché plus ou moins nettement sous la forme d'écailles extrêmement minces. Examinée à la loupe, cette croûte offre l'apparence de bulles et de bourrelets tantôt irradiants autour de certains points, tantôt dirigés dans des sens quelconques; mais on reconnaît aisément que ces accidents sont simplement dus aux irrégularités lentement émoussées de la cassure primitive.

Toutefois j'avoue que pendant quelque temps j'ai conservé des doutes quant au mode de formation de l'écorce si remarquable de la dolérite péruvienne; son aspect s'ajoutait à son gisement volcanique pour m'engager à n'accepter qu'avec défiance une conclusion d'après laquelle la chaleur n'est pour rien dans le phénomène.

Mais ces scrupules ont été complètement levés par l'observation de faits où la fusion ne saurait évidemment avoir rien à faire. Il s'agit de roches infusibles et placées d'ailleurs aussi loin que possible de toute action calorifique.

En effet, je veux parler de blocs de grès quartzeux répandus en grand nombre à la surface du sol entre Villeneuve-Saint-Georges et Limeil (Seine-et-Oise). A la vue de ces blocs, on est immédiatement frappé de leur ressemblance avec les météorites, d'abord pour leur forme générale et ensuite en ce qui touche l'existence d'une croûte vernissée qui les enveloppe de toutes parts. La seule différence sensible

est que ce vernis, au lieu d'être noir, est d'un rouge ocracé, et j'ai déposé au Muséum un de ces blocs remarquable par son analogie de forme avec l'échantillon météoritique 2. Q. 584, provenant de la chute de Pultusk en Pologne.

Les diverses faces du bloc en question ne sont d'ailleurs pas identiques entre elles. Le vernis n'a pas atteint sur toutes le même fini, et il en résulte qu'on peut, en les passant successivement en revue, voir comment la croûte externe s'est produite peu à peu. La conclusion de cet examen est que le vernis résulte exclusivement de l'action des agents atmosphériques produisant le poli d'une manière toute mécanique et réalisant en outre par des procédés chimiques plus ou moins compliqués une modification sensible dans la nature primitive de la roche. Car si, comme on vient de le dire, la croûte est d'un rouge ocreux, l'intérieur de la roche est d'un jaune verdâtre. A première vue, on reconnaît dans la région externe la présence du fer oxydé anhydre tandis que c'est la limonite qui colore le grès en dedans.

La croûte du grès de Villeneuve est beaucoup plus épaisse que celle des météorites et en même temps elle est en général limitée moins nettement à sa surface interne; cependant on peut, dans certains points, l'enlever sous la forme d'écailles.

C'est surtout sur celle des faces où il est le plus parfait et, bien entendu, en faisant abstraction de sa couleur, que l'on constate l'identité du vernis avec l'écorce des météorites, dont il diffère surtout par l'absence des filaments fondus cités plus haut. A la loupe on le croirait presque bulleux et scoriacé, ce qui tient simplement comme pour la dolérite d'Aréquipa à la rugosité de la cassure. Certaines arêtes simulent des bourrelets à s'y méprendre. La surface est toute couverte de petites cupules décrites tant de fois à propos des météorites et qu'on a comparées à l'impression que feraient des doigts sur une pâte molle; ces cupules résultent de l'arrondissement et de l'émoussement des petites cassures bien connues que le marteau du paveur produit sur le premier pavé venu. Comme dans les météorites, elles sont de tailles très inégales et souvent les petites recouvrent le fond des plus grandes.

En présence d'une identité aussi complète, on est amené à reconnaître que le vernis des météorites et le vernis des roches terrestres qui viennent d'être citées, sont dus à la même cause. Seulement, dans un cas, la friction de l'air est très énergique et de peu de durée tandis que l'inverse a lieu dans l'autre cas.

Il est impossible, en terminant, de ne pas remarquer un trait commun du vernis des trois roches comparées ci-dessus, savoir : la météorite, la dolérite d'Aréquipa et le grès quartzeux de Villeneuve-Saint-Georges, vernis qui dans tous les cas diffère de la roche qu'il recouvre, puisqu'il est noir pour les deux premières et rougeâtre pour l'autre. C'est que les trois roches en question prennent justement la couleur et les caractères de leur vernis, quand, éliminant l'action oxydante possible de l'air, on les chauffe à un degré convenable : la météorite et la dolérite deviennent noires, et le grès perdant son eau subit la rubéfaction.

Relativement à ce dernier, je ne prétends pas expliquer comment l'action de l'air détermine le singulier effet qu'on vient de signaler, mais il faut remarquer qu'il y a peut-être dans ce phénomène de quoi rendre compte des déshydratations si fréquentes parmi les roches et dont on a souvent tant de peine à saisir le mécanisme. Du nombre serait peut-être la formation des meulières qui semblent si nettement, au moins en certains cas, dériver des geysérites.

Formes extérieures des météorites. — Il convient de revenir sur cette opinion que je viens d'émettre, d'après laquelle la forme émoussée (fig. 126) des météorites est due à l'érosion produite par l'air traversé par le projectile[1].

En effet, des hypothèses fort diverses ont été faites à cet égard, et tout spécialement pour expliquer les dépressions plus ou moins profondes que présente très ordinairement la surface des météorites, et qui ont été comparées quelquefois à



Fig. 126. — Météorite de Pultusk dont la forme est arrondie.

l'impression que feraient des doigts sur une pâte molle. Souvent aussi on voit des sortes d'encoches allongées semblables à celle que représente la figure 127.

Partant des résultats que lui ont donnés des expériences sur la rupture de blocs de fer au moyen de la dynamite, M. Daubrée a émis à ce sujet l'hypothèse que les dépressions qui nous occupent et qu'il appelle *piézoglyptes* résultent d'*affouillements* exercés sur la surface des météorites pendant le trajet atmosphérique, par des tourbillons gazeux[2]. Il est de fait que des grains de poudre incomplètement brûlés présentent des affouillements considérables, et on pourrait même souvent leur reprocher d'être, à ce point de vue, plus beaux que nature ; les météorites n'offrant pas des cavités aussi profondes que les leurs. De même des barres de fer rompues par l'explosion de la dynamite ont souvent présenté des érosions diversement orientées.

M. Maskelyne[3], qui ne partage aucunement l'opinion de M. Daubrée, a proposé une autre explication. Selon lui, la chaleur produite par la résistance atmosphérique fond la surface de la météorite ; la matière fondue est rejetée aussi vite qu'elle est produite et la chaleur commence rapidement pénétrer vers l'intérieur

1. *La Nature*, 2e semestre de 1878, p. 139.

2 Parlant de ces accidents superficiels, Chladni, dans son célèbre mémoire sur le fer de Pallas, s'exprime comme il suit : « On trouve dans la texture spongieuse des masses de fer dont l'origine a été jusqu'à présent si inexplicable, des indices de l'expansion du fluide élastique dilaté par la chaleur et condensé ensuite par le froid. On observe aussi, sur la croûte dure qui les enveloppe, des dépressions de forme globuleuse qui donnent lieu de supposer qu'il y a eu là des bulles d'air, dont l'enveloppe s'enfonçant par l'effet du refroidissement a produit ces petits creux. » (Voyez Izarn, page 118.)

3. *Chemical Society of London*, février, 1877.

de la masse. On peut supposer que le manque d'homogénéité de celle-ci procure à la chaleur plus de facilité pour pénétrer en certains points qu'en certains autres, de façon que l'expansion soudaine due à la pénétration presque instantanée de cet énorme flux de chaleur arrache de petits fragments de la surface produisant ainsi les dépressions particulières qui nous occupent.

Toutefois l'origine des dépressions naturelles est certainement, au moins dans la grande majorité des cas, beaucoup plus simple et représente le résultat de l'émoussement de la cassure de la roche météoritique. C'est pour le prouver que je mets ici sous les yeux du lecteur la figure 127. On y voit, comme je l'ai déjà dit, une

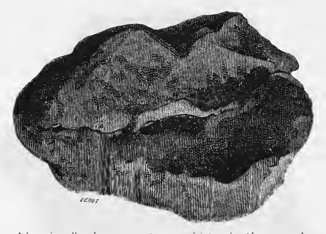


Fig. 127. — Dépression allongée, en rapport avec un joint, présentée par une des météorites tombées à l'Aigle (Orne) en 1803.

encoche des mieux caractérisées que les météorites puissent offrir. Mais ce qui ajoute à son intérêt, c'est que l'échantillon qui la montre, et qui provient de la célèbre chute de l'Aigle (26 avril 1803), laisse voir le lien intime de cette encoche avec une fissure ou *joint* traversant la roche météoritique. Sur la gauche on voit ce joint, qui se prolonge dans la pierre, et l'on conçoit comment un faible émoussement des angles produirait là aussi une encoche véritable. L'opinion qu'on retire de la vue de cet échantillon et de plusieurs autres de la collection est que l'encoche dérive effectivement d'un émoussement pur et simple d'une cassure à angle rentrant.

On aperçoit dans la partie inférieure de cette même figure des dépressions grossièrement hémisphériques plus ou moins groupées, telles qu'on en rencontre si fréquemment sur les météorites les plus variées. Or, loin de se présenter comme les résultats d'un taraudage, elles semblent dériver, comme l'encoche, d'un simple vernissage de la cassure. La roche est en effet richement pourvue de matériaux globulaires, les uns pierreux, les autres métalliques, qui, au moment de la cassure, laissent sur la paroi qu'ils quittent leurs empreintes en creux ; de plus, ces roches grenues se cassent souvent sous le choc de façon à présenter des creux anguleux plus ou moins pyramidaux. L'adoucissement des angles de ces pyramides rentrantes doit donner des cavités grossièrement hémisphériques.

La figuro 128 fait bien voir la réalité de cette affirmation. Elle représente un échantillon de la météorite tombée le 9 décembre 1858 à Montréjeau (Haute-Garonne). La face tournée vers le lecteur a une cassure qui recoupe la croûte visible à la partie supérieure. Or, cette cassuro montre dans deux points des cavités du genre de celles qui nous occupent, et qui auraient besoin d'un bien faible travail de ciselure pour devenir des dépressions identiques aux *piézoglyptes* les mieux caractérisées.

Un autre argument en faveur de cette manière de voir est fourni par les grenailles métalliques formant de fortes saillies sur la croûte de maintes météorites (Salles,



Fig. 128. — Cassure de la montréjite tombée le 9 décembre 1858 à Montréjeau (Haute-Garonne). Grandeur naturelle.

Tadjera, etc.). Si, dans ce cas, les tourbillons de gaz oxygéné avaient joué un rôle prépondérant, c'est évidemment sur les grenailles qu'ils se seraient fait sentir de préférence, et celles-ci, en disparaissant par combustion, auraient déterminé la production de cavités : c'est le contraire qui a eu lieu, et la collection du Muséum montre que le fait est fort ordinaire.

L'expérience est d'ailleurs venue confirmer d'une manière très imprévue et très intéressante l'explication par érosion simple des accidents de forme des météorites. consiste dans des échantillons de ciment de Portland fabriqué par un procédé qui exige un refroidissement très rapide des pierres cuites : les pierres, chauffées à blanc, sont exposées à un courant forcé d'air froid. Les conditions des météorites sont donc exactement renversées, puisque c'est l'air qui se meut ici ; mais l'effet produit est le même. Or, dans les parties où les masses chaudes sont frappées par le courant, leur aspect anguleux change complètement. Il se produit une surface lisse, avec des dépressions arrondies qui ressemblent tout à fait à la surface des météorites. Au moment où le courant d'air frappe les pierres chauffées au blanc,

il s'en détache une poussière brûlante fournie par les aspérités des blocs d'abord anguleux.

Pour en revenir aux météorites, la direction des sillons d'érosion permet de retrouver la situation des blocs pendant leur trajet atmosphérique, de déterminer leur *face ventrale* et leur *face dorsale* et de reconnaître les diverses rotations qu'ils ont pu subir simultanément ou successivement[1].

§ 2. *Chute des météorites.*

A la suite des détonations qui accompagnent l'explosion des bolides, on entend des sifflements tout à fait semblables à ceux que produisent les projectiles lancés avec vitesse comme les boulets et les balles des armes à feu. Ils sont dus à l'arrivée des météorites. D'après M. Abel Rémusat[2], les Chinois les comparent au bruissement des ailes des oies sauvages ou encore à celui d'une étoffe qu'on déchire.

Nombre de météorites d'une même chute. — Le nombre des pierres d'une même chute est extrêmement variable. Voici quelques exemples pris au hasard :

On n'a ramassé qu'une seule masse après les chutes de Lucé, Sarthe (1768), Wold-Cottage, en Angleterre (1795), Salles, Rhône (1798), Apt, Vaucluse (1803), Chassigny, Haute-Marne (1815), Juvinas, Ardèche (1821), Vouillé, Vienne (1831), Château-Renard, Loiret (1841), Braunau, en Bohême (1847), etc.

On en a trouvé deux à Agram, en Croatie (1751).

Trois à Charsonville, Loiret (1810); à Saint-Mesmin, Aube (1866), etc.

Une dizaine à Toulouse, Haute-Garonne (1812).

Douze environ à Siène, en Italie (1794).

Un bien plus grand nombre à Barbotan, Gers (1790), Bénarès, Indes (1792), à Weston, Connecticut (1807).

Une centaine à Orgueil, Tarn-et-Garonne (1864).

Un millier à Knyahinya, Hongrie (1866).

Trois mille environ à l'Aigle, Orne (1803).

Beaucoup plus (on a été jusqu'à *cent mille* dans certaines appréciations), à Pultusk, Pologne (1869). Le Muséum d'histoire naturelle de Paris seul a eu en dépôt à un certain moment plus de 900 pierres de cette chute et on peut en voir encore dans les vitrines de la collection plusieurs centaines triées suivant leur grosseur ou d'autres particularités. Un marchand de minéraux de Bonn, M. le Dr Krantz, en a possédé 2012 échantillons entiers. La chute de blocs, en Transylvanie (3 février 1882) a aussi été extrêmement nombreuse.

Vitesse des météorites. — La vitesse des météorites ne paraît jamais très grande et n'offre, en tous cas, absolument aucun rapport avec celle des bolides. Ce qui suffit pour le prouver, c'est que d'ordinaire les pierres ne sont pas brisées par leur choc sur le sol ; or on sait que les anciens boulets de canon en pierre se brisaient

1. La rotation des météorites a spécialement occupé de Haidinger, qui a écrit à son égard des mémoires intéressants sur la météorite de Juvinas, sur celle de Krahenberg, de Tuczon, etc. (Voy. Académie de Vienne, *passim.*)

2. *Journal de physique*, mai 1819.

contre tous les obstacles un peu durs qu'ils rencontraient. On doit en conclure que la vitesse de ces météorites n'est pas aussi grande que celle des boulets dont il s'agit.

Cependant, elle est parfois assez considérable pour qu'un sol résistant soit pénétré, comme on l'a observé, par exemple, à Aumale (Algérie) le 25 août 1865 ; et

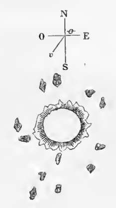


Fig. 129. — Plan d'un trou percé dans la terre par l'une des météorites tombées à Knyahinya (Hongrie) le 9 juin 1868. D'après de Haidinger. Échelle 1/20.

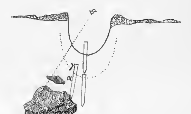


Fig. 130. — Coupe d'un trou percé dans la terre par l'une des météorites tombées à Knyahinya (Hongrie) le 9 juin 1868. D'après de Haidinger. Échelle 1/20.

avec plus de précision à Knyahinya[1] le 9 juin 1868 (fig. 129 et 130). Une des pierres tombées à l'Aigle, en 1803, cassa une branche d'un poirier[2]. Une de celles tombées à Bénarès, dans l'Inde, le 19 décembre 1798, traversa un toit.

La météorite de Barbotan (24 juillet 1790) écrasa une chaumière et pénétra dans le sol. Enfin ajoutons, pour terminer cette énumération qu'on pourrait prolonger beaucoup, que l'une des pierres tombées le 1er mai 1860, à New-Concord, dans l'État d'Ohio, brisa en deux une traverse de chemin. M. Lawrence Smith a donné au Muséum d'histoire naturelle un fragment de cette traverse.

Température des météorites. — Une question importante relativement à la chute des fers météoriques est de savoir s'ils ont subi une température suffisante pour fondre la surface du métal. Or, divers échantillons et spécialement le fer de Dickson

1. *Akad. der Wissenschaften zu Wien.*
2. *Mélanges scientifiques et littéraires* de M. Biot, t. I, p. 34.

semblent résoudre cette question par la négative, car si sa surface avait été fondue, on n'y verrait point à la loupe le délicat réseau signalé plus haut (voy. page 129). L'oxyde fondu existe à la surface et montre que, bien que non fondue, la surface a été fortement chauffée, et qu'elle a été seulement préservée de la fusion par la conductibilité rapide de la chaleur par le métal de l'extérieur vers le centre. Au moment de leur chute, les météorites sont en général beaucoup trop chaudes pour qu'on puisse les toucher avec la main. Mais cette température élevée est exclusivement localisée à la surface des fragments, leur intérieur étant au contraire remarquablement froid.

Lors de la chute qui eut lieu dans l'Inde à Dhurmsalla, le 14 juillet 1860, les pierres fumantes ayant été brisées par les assistants, on fut bien surpris de voir que leur intérieur était si froid qu'on n'en pouvait tolérer le contact dans la main sans une vive douleur. Selon l'expression pittoresque d'Agassiz, on avait là, sur une échelle inusitée, la reproduction de ce tour de force culinaire connu sous le nom de *glace frite des Chinois*.

Une observation tout à fait analogue a été faite le 16 février 1883, au moment de la chute des météorites d'Alfianello[1].

Conformément à ces observations, la composition de certaines météorites de nature charbonneuse, telles que celle d'Orgueil (14 mai 1804), ne permet pas d'admettre que l'intérieur de leurs fragments ait dépassé une température très modérée : ces météorites contiennent en effet, même dans le voisinage de la surface, diverses substances qu'une faible élévation de température suffit pour décomposer.

Ajoutons que la basse température interne des météorites et spécialement de celles que nous citons ici explique leur arrivée sur le sol à l'état de fragments de quelque volume. Dans les conditions ordinaires, un morceau de la pierre d'Orgueil tombant par terre de quelques mètres seulement de hauteur s'y réduirait en poussière. Or les échantillons sont tombés de beaucoup plus haut sans se briser : on explique le fait en montrant, comme nous l'avons fait, que préalablement soumise à une basse température la substance devient dure et très solide, grâce sans doute au moins en partie à l'eau contenue normalement dans la masse en quantité notable.

Impression produite sur les hommes et les animaux par la chute des météorites. — L'ensemble des phénomènes dont nous n'avons pu, par cette description successive, que donner une très faible idée, laisse dans l'esprit des spectateurs une impression profonde.

On a assuré à diverses reprises que les animaux eux-mêmes sont très vivement affectés avant même que l'explosion se soit fait entendre.

M. Biot, dans son rapport sur la chute de l'Aigle, en cite plusieurs exemples ; et des faits du même genre, sinon plus intéressants encore, ont été observés à Boulogne-sur-Mer lors du bolide du 20 juin 1866. Ainsi, un témoin assure que son « chien, quelques minutes avant le phénomène, était tourmenté ; qu'il avait la tête en l'air à la porte du bureau et tremblait ». C'est en cherchant la cause de ces allures inaccoutumées que ce témoin aperçut dans le ciel la traînée lumineuse.

1. Voir le mémoire de M. Bombicci : *Reale Accademia dei Lincei*, 3e série, t. XIV (1er avril 1883), page 9 du tirage à part (en note).

D'un autre côté, le gardien du fanal d'Alpseck, assure que « peu de temps avant le phénomène, ses poules, ses canards et ses pigeons étaient rentrés au logis aussi précipitamment que s'ils eussent été poursuivis par un chien. »

Accidents causés par les météorites. — On est d'ailleurs parfaitement autorisé à n'accorder à ce phénomène grandiose qu'une admiration mêlée d'appréhension. Plus d'une fois il a été cause de terribles accidents.

On lit, dans le catalogue où M. Ed. Biot a enregistré les météores observés en Chine, qu'une pierre tombée en l'an 616 de notre ère fracassa un chariot et tua 10 hommes.

Le capitaine hollandais Willmann rapporte qu'étant en mer, une « boule » qui pesait 4 kilogrammes tua 2 hommes en tombant sur le pont de son navire qui voguait à pleines voiles. Le fait se passait à la fin du XVIIe siècle.

Vers la même époque, un franciscain fut tué à Milan par une petite pierre.

Les météorites peuvent-elles déterminer des incendies ?

Oui, si l'on en croit des témoignages assez nombreux rapportés en partie par Arago [1]. Mais il ne paraît pas qu'un seul de ces événements eût été parfaitement constaté. Il semble incontestable, d'après ce que nous avons vu précédemment, que les météorites, d'ailleurs très chaudes quelquefois comme on l'a observé par exemple à Braunau, en Bohême, le 14 juillet 1847, n'ont cependant pas d'ordinaire, à moins de frapper précisément sur certaines substances particulièrement inflammables, une température suffisante pour déterminer la combustion des corps sur lesquels elles tombent.

Cependant on rapporte [2] que le 13 novembre 1835, un brillant météore apparut vers 9 heures du soir, par un ciel serein, dans l'arrondissement de Belley (Ain), éclata près du château de Lauzières et incendia une grange couverte de chaume. Les écuries, les remises, les récoltes, les bestiaux, tout aurait été brûlé ; de plus, on ajoute qu'une météorite fut trouvée sur le théâtre de l'événement. Mais il n'est pas certain que la pierre dont il s'agit, et qui figure dans les collections sous le nom de Simonod (Ain), ait été la cause de cet incendie. On conteste même parfois à cette pierre une origine extraterrestre.

On raconte de même, mais sans détails suffisants, que dans la nuit du 11 au 12 octobre 1761, une maison fut incendiée par la chute d'une météorite à Chamblain, en Bourgogne [3].

Il n'y aurait pas intérêt à poursuivre l'énumération de récits de ce genre.

1. *Astronomie populaire*, t. IV, p. 225 et suiv.
2. *Comptes rendus*, etc., t. I, 1835.
3. *Mémoires de l'Académie de Dijon*, t. I.

XI

POINT DE VUE HISTORIQUE

Le phénomène de la chute des pierres a été observé dès la plus haute antiquité. Des publications chinoises datant de plusieurs siècles avant notre ère en font mention : par exemple, l'an 644 avant J.-C., pendant la seizième année du règne de Hy-kong, il tomba cinq pierres dans le pays de Song.

Les historiens grecs et romains ont aussi enregistré des faits analogues. Vers la seconde année de la 78e olympiade (environ 467 ans avant notre ère), une pierre de la grosseur d'un chariot tomba en Thrace, près de la rivière des Chèvres (*Ægos Potamos*). Une pierre tomba aux pieds de Pindare. Plutarque dans la Vie de Lysandre, Tite-Live dans ses *Décades*, Pline, Valère Maxime, Julius Obsequens, César, Ammien Marcellin, Photius, Mézeray, Avicenne, Sauval (je ne cite que les principaux) mentionnent des chutes de météorites.

Observé par des peuples encore dans l'enfance, le phénomène qui nous occupe a nécessairement été regardé comme une manifestation directe des puissances surnaturelles. Certaines pierres météoriques furent même élevées à la dignité de divinités. Témoin celle qui était adorée sous les noms d'*Élagabale* chez les Phéniciens, de *Cybèle* ou *Mère des Dieux* chez les Phrygiens, de *Jupiter Ammon* dans la Libye, et qui, 104 ans avant l'ère chrétienne, fut transportée à Rome, où elle devint l'objet d'un culte particulier. Une autre pierre, tombée près du temple de Delphes, passait pour avoir été rejetée par Saturne; une autre, tombée à Abydos, ville d'Asie Mineure, était conservée dans le gymnase de cette ville; une autre, tombée à Potidée, ville de Macédoine, étant regardée comme d'un favorable augure, y avait attiré une puissante colonie, etc.

Cependant, dès l'antiquité, de grands esprits se firent des météorites une idée plus approchante de la vérité. Ainsi, lors de la chute de la pierre déjà citée, qui tomba près de l'Ægos Potamos, Anaxagore annonça qu'elle avait une origine extra-terrestre; il avança même, suivant Pline, qu'elle avait été détachée du corps même du Soleil.

Plus tard, c'est-à-dire dans l'ère moderne, des explications plus insoutenables les unes que les autres furent mises en avant; ces croyances superstitieuses ou ces explications erronées, se reproduisant à l'occasion de chaque chute de météorites, nuisirent, dans l'esprit des savants du siècle dernier, aux phénomènes eux-mêmes. Les savants firent la faute, trop facile en effet à commettre, de ne point

séparer le fait attesté par tant de témoins des idées qui lui faisaient constamment eortège, et comme ces idées étaient inadmissibles, le fait fut déclaré fabuleux.

Pendant l'année 1768, trois chutes eurent lieu sur des points différents de la France, l'une à Lucé, dans le Maine, une autre à Aires en Artois, la troisième à Coutances en Normandie.

La mutuelle ressemblance des pierres de ces trois chutes et les conditions identiques des trois phénomènes provoquèrent l'attention de tout le monde. L'Académie des sciences reçut de l'abbé Bachelay le résumé suivant des dépositions faites par les témoins de la chute de Lucé :

« Le 13 septembre 1768, disait-il[1], sur les quatre heures et demie du soir, il parut du côté du château de la Chevalerie, près de Lucé, petite ville du Maine, un nuage orageux dans lequel il se fit entendre un coup de tonnerre fort et sec, à peu près semblable à un coup de canon ; on entendit à la suite, dans un espace d'à peu près deux lieues et demie, sans apercevoir aucun feu, un sifflement considérable dans l'air, et qui imitait si bien le mugissement d'un bœuf, que plusieurs personnes y furent trompées. Enfin, plusieurs particuliers qui travaillaient à la récolte dans la paroisse de Perigné, à trois lieues environ de Lucé, ayant entendu le même bruit, regardèrent en haut et virent un corps opaque qui décrivait une ligne courbe, et qui alla tomber sur une pelouse dans le grand chemin du Mans, auprès duquel ils travaillaient. Tous y accoururent promptement, et trouvèrent une espèce de pierre dont environ la moitié était enfoncée dans la terre. Mais elle était si chaude et si brûlante qu'il n'était pas possible d'y toucher. Alors, ils furent tous saisis de frayeur et prirent la fuite; mais étant revenus quelque temps après, ils virent qu'elle n'avait pas changé de place, et ils la trouvèrent assez refroidie pour pouvoir la manier et l'examiner de plus près. Cette pierre pesait sept livres et demie, elle était de forme triangulaire, c'est-à-dire qu'elle présentait trois espèces de cornes arrondies dont une, dans le moment de la chute, était entrée dans le gazon. Toute la partie qui était entrée dans la terre était de couleur grise ou cendrée, tandis que le reste qui était exposé à l'air était extrêmement noir. »

Tel est le récit fait par l'abbé Bachelay à l'Académie des sciences, à laquelle il présentait en même temps un fragment de la pierre de Lucé. L'Académie nomma une commission. Eût-elle attaché quelque prix au fait qui lui était soumis, elle n'eût pu en saisir des hommes plus compétents que ceux qui furent chargés de lui en rendre compte ; la commission se composait, en effet, de Cadet, de Fougeroux et de l'immortel Lavoisier; un rapport fut fait, parcourons-le.

Mais pour y comprendre quelque chose, il faut savoir qu'à l'opinion des anciens qui voyaient dans la chute des pierres un événement surnaturel, l'opinion s'était substituée dans le public que les pierres météoriques n'étaient autre chose que la matière même du tonnerre ; de là les noms de *pierre de foudre*, *pierre de tonnerre*, et si on fait attention que les chutes de météorites s'accompagnent de lumière et de bruit, on conviendra que l'erreur était bien excusable. Ce qui l'est moins, c'est que les savants n'aient pas su établir de distinction entre les faits et l'explication qui en était donnée, et surtout qu'ils aient tenu comme indignes de

1. *Journal de physique*, juillet 1772.

témoigner tous ceux qui étaient incapables d'interpréter au point de ne faire aucun cas des dépositions innombrables et presque toujours identiques entre elles, qui s'ajoutaient les unes aux autres à travers l'espace et le temps.

Ainsi se conduisit la commission de l'Académie à l'occasion du phénomène de Lucé. Au lieu de se mettre en face du fait, d'en examiner les circonstances, de peser les témoignages, en un mot d'ouvrir une enquête, au fait elle va substituer l'opinion que le vulgaire donne ordinairement des phénomènes analogues. Voyons le rapport.

Il commence par rappeler que, malgré l'opinion accréditée parmi les anciens, les *vrais physiciens* ont toujours regardé comme fort douteuse l'existence des pierres de tonnerre; et qui en douterait est renvoyé à un mémoire publié 72 ans auparavant par l'illustre chimiste Lemery. C'est-à-dire que, dès le début, les commissaires font fausse route; il ne s'agit pas pour eux de savoir s'il est tombé une pierre à Lucé, et dans quelles circonstances elle est tombée; il s'agit de savoir s'il y a des pierres de tonnerre. Continuons :

« Si l'existence des *pierres de tonnerre* a été regardée comme suspecte dans un temps où les physiciens n'avaient presque aucune idée de la nature du tonnerre, à plus forte raison doit-elle le paraître aujourd'hui, que les physiciens modernes ont découvert que les effets de ce météore étaient les mêmes que ceux de l'électricité. »

Suit le récit du phénomène tel qu'il est rapporté par l'abbé Bachelay, après quoi on donne l'analyse de la pierre de Lucé, « qui n'est autre chose qu'une espèce de grès pyriteux qui n'a rien de particulier, si ce n'est l'odeur hépatique qui s'en exhale pendant la dissolution par l'acide marin ». D'où les commissaires concluent que la pierre présentée par M. Bachelay ne doit point son origine au tonnerre, qu'*elle n'est point tombée du ciel*, et qu'elle n'a pas été formée par des matières minérales mises en fusion par le feu du tonnerre.

« L'opinion qui nous paraît la plus probable, continuent-ils, celle qui cadre le mieux avec les principes reçus en physique, avec les faits rapportés par M. l'abbé Bachelay, et avec nos propres expériences, c'est que cette pierre qui, peut-être, était couverte d'une petite couche de terre ou de gazon, aura été frappée par la foudre, et qu'elle aura ainsi été mise en évidence. »

Il fallait avoir bien peu de considération pour « les particuliers qui travaillaient à la récolte », pour s'arrêter à une telle conclusion ; car quoique les commissaires prétendent que leur opinion cadre avec les faits rapportés par l'abbé Bachelay, il est clair qu'ils n'en tiennent aucun compte, et qu'ils éliminent arbitrairement tous ceux qui les contredisent. L'abbé Bachelay dit expressément que les témoins n'ont aperçu aucun feu, et qu'ils ont vu « un corps opaque qui décrivait une ligne courbe et qui alla tomber sur une pelouse ». La commission supprime ou change tout cela : elle invente « un feu », elle supprime le corps opaque. Mais alors pourquoi ne supprime-t-elle pas le coup de tonnerre et le reste? C'est que le tonnerre était admis en physique, et que les *vrais physiciens*, bien moins éloignés du vulgaire qu'ils ne s'en flattaient, attribuaient comme lui au tonnerre les phénomènes qui accompagnent l'arrivée des météorites.

En terminant, les commissaires mentionnent comme « une circonstance assez singulière » la ressemblance présentée par la pierre de Lucé : « Nous ne croyons

pas, dit le rapport, que l'on puisse conclure autre chose de cette ressemblance, sinon que le tonnerre tombe de préférence sur les matières pyriteuses. »

La décision de l'Académie n'empêcha pas les pierres de tomber du ciel.

Il en tomba une à Sena, près de Sigena (Aragon), le 17 novembre 1773, à quelques pas d'un laboureur qui la souleva avec sa bêche en attendant qu'elle fût refroidie et la porta ensuite à son curé, des mains duquel elle passa dans le musée de Madrid. Il en tomba dans la principauté de Cobourg, le 19 septembre 1775, à Fabriano (Italie), en 1776, à Petris-Wood (Irlande), en 1779, dans la principauté d'Eichstat, le 19 février 1785, etc.

Le 27 juillet 1790, entre 9 et 10 heures du soir, par un temps très calme, un ciel sans nuages, un clair de lune superbe, on aperçut de Mont-de-Marsan, d'Agen, de Tartas et de Dax un globe de feu qui laissait derrière lui une longue trace de lumière, puis une explosion se fit entendre, dont ni coups de canon, ni coups de tonnerre n'eussent égalé le bruit. Enfin, un grand nombre de pierres tombèrent en sifflant très fort à Barbotan, près Roquefort, et dans plusieurs communes du voisinage sur un espace de deux lieues de rayon. Baudin, qui se trouvait dans la cour du château de Marmès au moment de l'apparition du météore, écrivit : « Nous fûmes surpris de nous voir tout à coup comme environnés d'une lumière blanchâtre vive; levant la tête, nous vîmes passer près de notre zénith un globe de feu dont le diamètre apparent était plus grand que celui de la Lune. Il traînait après lui une queue dont la longueur me parut cinq à six fois égale au diamètre. A peine y avait-il deux secondes que nous le regardions, qu'il se sépara en plusieurs parties considérables que nous vîmes tomber dans différentes directions. Environ trois minutes après, nous entendîmes un coup de tonnerre terrible, ou plutôt une explosion pareille à celle qu'aurait pu faire une décharge de grosse artillerie. Le bruit de l'écho paraissait retentir dans les montagnes des Pyrénées, et dura bien quatre minutes. Nous sentîmes aussi en ce moment une odeur de soufre assez forte. » Lomet, qui se trouvait à Agen, écrivait à peu près dans les mêmes termes à Vauquelin : « Chacun, disait une lettre de Saint-Sever, craignait de périr sous les ruines de sa maison dont la charpente semblait se briser. » Tout le dommage se borna cependant à des tuiles cassées et à des branches d'arbre rompues. A Créon, un chêne perdit une branche grosse comme un bras. A Saint-Julien, un meunier vit des pierres tomber de tous côtés autour de lui; il s'enfuit bien vite. Étant revenu le lendemain, il trouva deux trous profonds de un pied environ, de chacun desquels il retira une grosse pierre. Il en tomba dans des cours et des jardins. Les plus petites pesaient deux onces, les plus grosses de 25 à 30 livres; il y eut de ces dernières qui pénétrèrent jusqu'à deux et trois pieds dans le sol. « Elles tombèrent à environ dix pas l'une de l'autre à certains endroits, et à d'autres, plus proche, et finalement à d'autres endroits, plus éloignées », lit-on dans un procès-verbal rédigé par les autorités de Lagrange-de-Juillac. C'étaient des pierres d'un gris d'ardoise foncé, généralement de forme ovale et aplatie, très dures et très pesantes. Le curé de la Bastide en envoya à son frère, le célèbre chimiste Darcet, membre de l'Académie des sciences.

Le phénomène était donc parfaitement constaté. Voyons quel accueil lui fut fait :

Les paysans n'eurent rien de plus pressé que de porter aux personnes instruites du pays les pierres qu'ils avaient ramassées; on se moqua d'eux, on refusa leurs

présents; « ils pourraient aujourd'hui, avec plus de raison, se moquer des savants qu'ils trouvèrent si incrédules; » disait Vauquelin vingt ans plus tard.

M. de Carrit-Barbotan, député à l'Assemblée nationale, apporta à Paris les deux pierres recueillies par le meunier de Saint-Julien, ou plutôt ce qui en restait, car celui-ci « les avait rompues en plusieurs endroits pour voir ce qu'il y avait dedans ». Ces deux fragments pesaient chacun de 25 à 30 livres. Ils furent remis à Condorcet, « qui s'occupait alors uniquement des affaires de l'Assemblée nationale ».

Baudin s'adressa à l'Académie par l'entreprise de Darcet. « Apprenant qu'à Paris on voulait absolument que le météore du 24 juillet fût l'effet d'un nouveau volcan ouvert dans les Pyrénées, je me crus obligé de combattre cette erreur et de donner une idée plus exacte du phénomène, d'après ce que j'ai vu moi-même, et d'après les instructions que j'ai pu me procurer de personnes sûres et éclairées. Je joins au mémoire une des pierres que le météore a produites et lancées. » Le mémoire et la pierre furent remis à l'Académie, qui nomma une commission composée de Darcet et Brisson. Mais la commission ne fit aucun rapport.

Ce n'est encore rien. Un habitant de la Sale, Goyon d'Arzas, s'était empressé d'envoyer un récit des faits à Saint-Amans, professeur d'histoire naturelle à l'École centrale d'Agen. Il insistait avec raison sur cette circonstance que les pierres qu'on lui avait apportées « avaient été prises sur une lande rase, dont le sol est un sable blanc et d'une ténuité sans égale, où de la vie on n'en avait vu de semblables, ni même d'aucune espèce ». Regardant le fait attesté « comme physiquement impossible », Saint-Amans ne vit dans la lettre de Goyon d'Arzas « qu'un conte fait à plaisir »; ce sont ses expressions, car c'est Saint-Amans lui-même qui, en 1802, dans une lettre adressée à Pictet, a raconté les faits, mettant autant de soin à divulguer sa faute que d'autres en eussent mis à la dissimuler.

Il envoya le récit, à titre de curiosité, à Bertholon, qui rédigeait alors le *Journal des Sciences utiles* de Montpellier, et qui professait, touchant les pierres tombées du ciel, l'opinion de tous les *vrais physiciens* de l'Académie. Bertholon inséra la lettre en déplorant l'aveuglement et la crédulité du vulgaire.

Mais Saint-Amans ne s'en tint pas là. Après « s'être amusé de cette affaire avec Bertholon, il trouva plaisant — c'est lui qui parle — de faire constater une pareille absurdité par un acte authentique, et il demanda sur les lieux un procès-verbal qui rendît témoignage de la chute des pierres ».

Ce témoignage sur lequel il ne comptait guère, arriva cependant bientôt après, signé du maire, du procureur et d'un troisième habitant de la commune de Lagrange-de-Juillac. C'est à ce procès-verbal que nous avons fait allusion plus haut. « Certifions vraiment véritable, y lit-on, que le samedi 24 juillet dernier, vers les 9 à 10 heures du soir, a passé un grand feu; et à la suite nous avons entendu dans les airs un grand coup extraordinaire, et environ deux minutes après, il tomba du ciel des pierres, etc. »

« Je ne vis dans cette pièce, écrit Saint-Amans, qu'une nouvelle preuve de la crédulité des habitants des campagnes. » Au procès-verbal était jointe une note qui portait témoignage de trois cents personnes; il la considéra également comme « mensongère, ou du moins illusoire ». Le tout fut envoyé à Bertholon, qui l'inséra en y joignant les réflexions suivantes :

« Nos lecteurs se rappelleront sans doute les contes populaires auxquels ce mé-

téore donna lieu lors de son apparition. S'ils eurent alors l'occasion de déplorer l'erreur de quelques particuliers, combien ne gémiront-ils pas aujourd'hui, en voyant une municipalité entière attester, consacrer par un procès-verbal en bonne forme, ces mêmes bruits populaires qui ne peuvent qu'exciter la pitié, nous ne dirons pas seulement des physiciens, mais de tous les gens raisonnables. »

Et en terminant :

« Que pourrions-nous ajouter à ce procès-verbal ? toutes les réflexions qu'il suggère se présentent d'elles-mêmes au lecteur philosophe, en lisant cette attestation authentique d'un fait évidemment faux, d'un phénomène physiquement impossible. »

Suivant la remarque d'Izarn, « le langage de Bertholon était celui de tous les hommes instruits d'alors ».

Les pierres continuèrent de tomber.

Le 17 mai 1791, une chute de pierres eut lieu à Castel-Berardenga, en Toscane. Le 20 octobre 1791, il en tomba un grand nombre à Menabilly, en Cornwall. Le 16 juin 1794, il en tomba une douzaine près de Sienne. Le comte de Bristol, té, moin du phénomène, écrivait : « Au milieu d'une des plus violentes tempêtes-mêlée de tonnerre, des pierres de poids et de formes différentes sont tombées, au nombre de douze environ, aux pieds de quelques personnes. On ne trouve cette espèce de pierre nulle part dans le territoire de Sienne. » Il en tomba une le 13 décembre 1795, à 3 heures de l'après-midi, dans le comté d'York, près de Wold-Cottage, habitation du capitaine Tapham, qui rendit compte du fait. Le temps était doux, le ciel sans nuages. A la suite d'une explosion, sur l'intensité de laquelle les témoins diffèrent, on vit une pierre tomber en sifflant; elle fit en terre un trou de un pied et demi de profondeur. Elle était encore chaude et fumante lorsqu'on l'en retira et répandait une odeur sulfureuse très marquée. Son poids était de 55 livres environ d'Angleterre, ce qui équivaut à 25 kilogrammes 500 grammes. Il en tomba une du poids de 10 livres en Portugal, le 19 février 1796, et sa chute fut certifiée juridiquement. Il en tomba une dans la commune de Sales, près Villefranche (Rhône) en mars 1798, à l'occasion de laquelle de Drée ouvrit une enquête sur les lieux mêmes, etc., etc.

Rien de tout cela n'avait pu vaincre ni le dédain des uns, ni la méfiance des autres, ni l'indifférence, quand, chose curieuse, une chute de pierres tombées au fond de l'Inde, dans les circonstances les plus ordinaires, eut le privilège de fixer l'attention de tous les physiciens.

Cet événement, mémorable par l'influence qu'il a exercée, se produisit dans la même année que la chute de Sales, passée presque inaperçue, c'est-à-dire en 1798.

Le 19 décembre, à 8 heures du soir, on vit dans le ciel, à Bénarès, et dans les environs de cette ville, une grande boule de feu d'où partit un bruit semblable au tonnerre. Les habitants, croyant à une intervention surnaturelle, attendaient avec anxiété le retour du soleil. Au jour, on reconnut aux environs de Krak-Hut, village situé à quatorze milles de Bénarès, que la terre avait été remuée en diverses places, où l'on constata en même temps que des trous s'étaient formés. Ces trous étaient distants les uns des autres d'une centaine de verges. Au fond de chacun d'eux, à six pouces environ de profondeur, on trouva une pierre; toutes les pierres se res-

semblaient. Elles étaient généralement petites, une seule atteignait le poids de 2 livres 11 onces. Cet événement fut certifié authentiquement par les fonctionnaires publics anglais et indiens. Lord John Loyd William, membre de la Société royale de Londres, en envoya la relation en Europe. Elle y produisit la plus vive sensation.

C'est alors que l'attention des savants, celle des chimistes surtout, se porta enfin, en Angleterre principalement, sur cette sorte de corps. Un célèbre chimiste, Howard, en ayant analysé un grand nombre tombés à diverses époques, et en différents pays, constata l'uniformité de composition de la plupart d'entre eux. Ce fait saisissant, en ébranlant l'incrédulité, n'entraîna cependant pas les convictions à l'Académie des sciences de Paris, et c'est ce dont un physicien genevois, Pictet, eut bientôt l'occasion de faire l'expérience.

Il avait, pendant un voyage en Angleterre, acquis la conviction que la chute des pierres était un phénomène réel. Il vint à Paris et fit une communication sur ce point à l'Académie des sciences. C'était en novembre 1802. Il trouva l'Académie si mal disposée que, suivant l'expression d'un historien, « il lui fallut une sorte de courage pour achever sa lecture ».

Un mois après, Vauquelin qui, sur l'invitation de son confrère Howard, avait fait l'analyse de différentes pierres météoriques, présenta à l'Académie les résultats de ses recherches, résultats conformes à ceux du chimiste anglais. A son tour, il provoqua une vive opposition parmi les académiciens et ceux-ci allaient repousser formellement ses conclusions, quand Laplace les arrêta : « Il est possible, dit-il, qu'il tombe sur notre globe des masses lancées par les volcans de la Lune. Ne rejetez donc pas comme impossible un fait qui mérite d'être soigneusement examiné. »

C'est dans le cours de l'année suivante (1803) que l'on connut en France l'existence du beau travail, publié huit années auparavant par Chladni et dans lequel une hypothèse de l'origine cosmique des météorites est si hardiment développée.

La publication de cette hypothèse provoqua quelques protestations, et Deluc, le plus théologien des géologues, accusa Chladni « de ne voir dans l'univers qu'un arrangement fortuit de causes aveugles qui peut se détruire comme il a pu se former ».

Comme on voit, la question avait fait un grand pas. On attendit cependant avec impatience qu'une chute permît de constater avec précision toutes les conditions du phénomène.

L'occasion arriva bientôt : vers la fin du mois d'avril 1803, des lettres écrites du département de l'Orne apportèrent à Paris la nouvelle que, le 26 du même mois[1], entre 1 et 2 heures de l'après-midi, un phénomène prodigieux, subitement apparu aux environs de la ville de l'Aigle, avait frappé d'étonnement et de terreur toutes les personnes et même les animaux qui en avaient été témoins.

Au milieu d'un ciel serein, un nuage s'était montré, marchant du sud au nord ; une explosion épouvantable, entendue de plusieurs kilomètres à la ronde, en était sortie ; plusieurs décharges avaient suivi, pareilles à des feux de mousqueterie, puis un roulement terrible, qui s'était prolongé pendant plusieurs minutes, disait une lettre ; pendant dix minutes, disait une autre. Enfin des pierres s'étaient

1. 6 floréal de l'an XI.

échappées de ce nuage effrayant ; on les avait entendues siffler, on les avait vues rebondir sur le sol et s'enfoncer en terre ; on en citait une du poids de 7 à 8 kilogrammes, enfouie à la profondeur de 5 décimètres. On prétendait en avoir ramassé sur une grande étendue de pays. Plusieurs de ces pierres arrivèrent à Paris presque aussitôt que la nouvelle. Grises à l'intérieur, grenues, fendillées, remplies de parties brillantes et métalliques, elles étaient toutes recouvertes d'une sorte de vernis de couleur noire.

L'annonce de cet événement produisit à Paris la plus vive sensation. L'occasion était belle pour savoir à quoi s'en tenir sur un phénomène accueilli pendant des siècles avec une incrédulité et une indifférence maintenant ébranlées. Elle fut saisie. Sur la demande de l'Institut, le ministre de l'instruction publique chargea un membre de l'Académie des sciences, M. Biot, de se rendre sur le théâtre des événements et d'y ouvrir une enquête.

Biot se met en route le 7 messidor, deux mois après que s'était produit le phénomène qu'il s'agissait de vérifier. Il emportait avec lui une boussole, une carte de Cassini et un échantillon d'une des pierres qu'on disait être tombées à Barbatan, près Roquefort, en 1790.

Il ne se rendit pas directement à l'Aigle.

« Si l'explosion du météore avait réellement été aussi violente qu'on nous l'annonçait, on devait, écrit-il, en avoir entendu le bruit à une très grande distance. Il était donc conforme aux règles de la critique de prendre d'abord des informations dans des lieux éloignés, sur ce bruit extraordinaire, sur le jour et l'heure auxquels on l'avait entendu, d'en suivre la direction, et de me laisser conduire par les témoignages jusqu'à l'endroit même où l'on disait que le météore avait éclaté. Je devais rassembler ainsi, dans une grande étendue de pays, des renseignements comparables ; car, sur le bruit même et les circonstances de l'explosion, les témoignages devaient s'accorder quelque part qu'ils fussent recueillis. »

Guidé par ces considérations, l'académicien se rendit d'abord à Alençon, chef-lieu du département de l'Orne, situé à 5 lieues au sud-ouest de la ville de l'Aigle.

Chemin faisant, le courrier de Brest à Paris lui dit que le mardi 6 floréal (26 avril), à 9 lieues par delà d'Alençon, entre Saint-Rieux et Pré-en-Pail, il vit dans le ciel un globe de feu qui parut par un temps serein, du côté de Mortagne, et sembla tomber vers le nord. Quelques instants après on entendit un grand bruit semblable à celui du tonnerre ou au roulement continu d'une voiture sur le pavé. Ce bruit dura plusieurs minutes, et fut sensible, malgré celui de la chaise de poste, qui roulait alors sur la terre. L'heure était celle de midi trois quarts. Par la marche de ce globe de feu, par le bruit, et surtout par l'heure, Biot jugea que c'était le commencement du météore de l'Aigle.

A Alençon, on avait entendu parler vaguement de ce phénomène, mais on n'avait rien vu ; et aucun bruit extraordinaire ne s'était fait remarquer : ce qui n'est pas étonnant dans une grande ville, au mieu du tumulte d'un jour de marché. L'ingénieur en chef des ponts et chaussées, M. Barthélemy, avait formé dans cette ville une collection de toutes les substances minérales qui se trouvent dans le département de l'Orne. Biot la visita, il n'y trouva rien qui ressemblât aux pierres dites météoriques, et M. Barthélemy, à qui il donna un échantillon de celle de

Barbotan, déclara n'avoir jamais rien vu de pareil. L'académicien se trouva ainsi éclairé sur un des points les plus importants de sa mission.

N'ayant plus rien à faire à Alençon, il en partit le 10 messidor et se mit en route pour l'Aigle avec un guide actif et intelligent, se proposant de s'arrêter dans tous les endroits où il pourrait espérer de recueillir les renseignements.

Le premier endroit qu'ils rencontrent est Séez, petite ville à 10 lieues au sud-ouest de l'Aigle. On y avait entendu le bruit du météore, on en indiquait précisément le jour, l'heure, et les diverses circonstances. C'était comme un coup de tonnerre très fort qui semblait partir du côté du nord, et dont le roulement, accompagné de plusieurs explosions successives, avait duré 5 ou 6 minutes. On disait de plus, que les voyageurs venant de Falaise ou de Caen, avaient entendu fortement la même explosion, et qu'ils avaient eu grand'peur; on ajoutait qu'il avait paru un globe de feu du côté de Falaise. Ces informations donnaient lieu de penser que les effets du météore s'étaient étendus sur un espace beaucoup plus considérable qu'on ne l'avait cru d'abord.

La seconde station fut à Nonant, petit village situé à 8 lieues ouest-sud-ouest de l'Aigle. Les habitants avaient entendu très distinctement l'explosion du météore qui les avait fort épouvantés; ils la comparaient au bruit d'une voiture roulant sur le pavé ou à celui d'un feu violent dans une cheminée. Des employés aux barrières, qui étaient couchés sur le bord de la route, se relevèrent tout effrayés. Ils ne virent rien dans l'air, qui était serein. Aucune pierre n'était tombée en cet endroit.

Au bourg de Merleraut, à 7 lieues ouest-sud-ouest de l'Aigle, mêmes récits : mais le bruit de l'explosion et la frayeur qu'elle avait produite s'étaient accrus en raison de la proximité. Des chevaux qui étaient dans une cour, revenant des champs et encore attelés, sautèrent tout effrayés par-dessus une haie et s'enfuirent dans la rue, tant était grande la force de l'explosion, quoique à une distance de 7 lieues. Il n'était pas non plus tombé de pierres dans ce bourg et on n'avait rien vu en l'air.

Du Merleraut, nos voyageurs se rendirent à Sainte-Gauburge. Chemin faisant, Biot interrogea une foule de paysans, qui tous confirmèrent ce qu'on sait déjà. Un petit chaudronnier de 10 à 12 ans, qui faisait route avec sa tôle et ses outils sur le dos, écoutait une femme du pays, à qui l'académicien demandait les détails de l'explosion. « Oh ! monsieur, dit l'enfant, on l'a entendue beaucoup plus loin ; on l'a entendue à 3 lieues d'Avranches. — Vous avez donc ouï dire cela ? — Monsieur, je le sais mieux que par ouï-dire, puisque j'y étais. Il y a 36 lieues d'Avranches à l'Aigle. »

Dans le village de Sainte-Gauburge, à 4 lieues ouest-sud-ouest de l'Aigle, tout le monde avait entendu l'explosion. Il n'y était point tombé de pierres, mais on avait entendu parler de celles qui étaient tombées près de l'Aigle, et plusieurs habitants en possédaient des échantillons. On conduisit Biot, auprès d'un paysan du village de Saint-Sommaire qui se trouvait en ce moment à Sainte-Gauburge et était possesseur d'une pierre tombée devant sa porte. Biot lui montra d'abord la pierre de Barbotan, que le paysan reconnut aussitôt pour être tombée du ciel ; celui-ci ayant ensuite exhibé sa pierre qui pesait environ une livre, elle se trouva en tout semblable à celle de Barbotan.

Biot arriva à l'Aigle à 10 heures du soir, le jour même de son départ d'Alençon.

Leblond, membre de l'Académie des sciences, et M. Humphray, ancien militaire qui, l'un et l'autre, habitaient l'Aigle, avaient, comme tous leurs concitoyens, entendu un bruit effroyable. C'était comme un roulement de tonnerre qui avait duré sans interruption pendant environ 5 minutes et qui était accompagné d'explosions fréquentes, semblables à des décharges de mousqueterie. Des personnes de cette ville qui se trouvaient à Caen au moment du phénomène déclarèrent y avoir entendu le même bruit, et qu'on avait vu de plus un globe de feu qui avait causé une grande frayeur.

Il n'était pas tombé de pierres à l'Aigle même, mais M. Humphray parla à Biot d'une masse pesant $8^{k},56$ qui avait été ramassée à la Vassolerie, village situé à une lieue au nord de l'Aigle[1]. M. Humphray, qui s'était transporté sur les lieux le jour même de l'événement, avait vu les paysans, encore assemblés autour du trou que que la pierre avait fait en tombant. Ce trou était profond de 5 décimètres, la terre avait été lancée à plus de $4^{m},86$ de distance.

« J'ai vu depuis avec lui cette trace effrayante du météore, raconte Biot. J'ai entendu les récits des propriétaires de cette habitation, j'ai entendu les témoignages des enfants qui étaient restés dans la maison lorsque la masse tomba à vingt pas d'eux, et voici les renseignements que j'en ai reçus :

« Le père de ces enfants revenant de l'Aigle avec sa femme et sa belle-fille, ils entendirent tout à coup dans l'air un bruit de tonnerre extraordinaire, accompagné d'un roulement semblable à celui d'un grand feu de cheminée. Il n'y avait presque point de nuage dans l'air, si ce n'est un petit nuage noir, et quelque autre comme on en voit fréquemment ; mais point d'apparence d'orage. Ce bruit semblait partir du petit nuage, et s'éloignait devant eux en soufflant et bourdonnant toujours. Ils étaient tous trois effrayés, la jeune femme se trouva mal et le père n'osait parler. Ce bruit effrayant ne dura que quelques minutes. En arrivant chez eux, ils virent tous leurs voisins assemblés et crurent qu'il était arrivé quelque malheur pendant leur absence ; ils s'approchèrent et on leur montra la masse que l'on venait de déterrer. Le père la pesa aussitôt ; son poids était de $8^{k},65$ (17 livres et 1/2), comme je l'ai rapporté.

« Le fils revenu des champs me donna des détails encore plus précis : c'étaient lui et ses frères qui étaient accourus les premiers au bruit de la chute de la pierre, et qui l'avaient déterrée.

« Il dînait avec ses frères et sœurs sous un noyer qu'il me montra : tout à coup ils entendirent au-dessus de leurs têtes un bruit de tonnerre effroyable, accompagné d'un roulement si continuel qu'ils se crurent près de périr. Le jeune homme dit à ses frères de se coucher par terre de peur d'être emportés. Alors ils entendirent dans le pré voisin un coup terrible, qu'ils comparent à celui d'un tonneau plein qui tomberait de haut. Ils coururent à cet endroit, d'où ils étaient séparés par une haie, ils virent cette pierre, qui était enfoncée si profondément qu'elle avait fait sourdre l'eau. »

En revenant de la Vassolerie où il était allé le lendemain de son arrivée à l'Aigle, M. Biot prit des renseignements propres à lui faire connaître la route que le météore avait suivie, et l'étendue du pays sur lequel il paraissait avoir éclaté.

1. Voyez la carte placée plus haut, fig. 116, p. 422.

Ces premières informations lui donnaient pour limites la ville de l'Aigle, d'une part, et de l'autre 5 villages nommés Saint-Antonin, Gloss, Couvain, la Ferté-Fresnel et Gauville. C'était une étendue de 3 lieues de long sur 2 de large, qu'il se promit de parcourir complètement le lendemain.

Il partit à 6 heures du matin, accompagné d'un guide qui connaissait bien le pays et les habitants, et se rendit d'abord au château de Fontenil, où tous les témoignages plaçaient le commencement de l'explosion. Les maîtres étaient absents. Biot s'adressa au concierge du château. Celui-ci avait entendu comme tout le monde plusieurs coups violents, semblables à des coups de canon, suivis d'un bourdonnement pareil à celui d'un feu dans une cheminée. Tout à coup on avait entendu sur la terre de l'enclos qui environne le château un grand coup sourd, comme d'un grand arbre qui tomberait après avoir été ébranlé. Les ouvriers qui travaillaient dans un bois voisin accoururent à ce bruit ; les bestiaux effrayés se précipitèrent vers le lieu où s'était faite la chute. Un jeune homme de 15 ans qui travaillait à 10 pas de là, sous un hangar, dit avoir vu tomber une pierre ; on s'approcha et on en tira une du poids de 3 livres. Elle avait fait en terre un trou de 18 pouces de profondeur.

Dans un champ près de Fontenil, une pierre passa en sifflant par-dessus la tête d'un berger, à qui elle causa une grande frayeur, et tomba à 20 pas de lui. Les moutons, épouvantés par ce bruit, se serrèrent les uns contre les autres.

Au hameau de la Métonnerie, voisin de Fontenil, les habitants d'une ferme avaient vu le nuage au-dessus de leurs têtes. Deux pierres étaient tombées dans leur cour, tout près d'eux ; l'une sifflait en tombant, elle était brûlante, car la terre fuma tout à l'entour. Ils n'osèrent la retirer que le lendemain, tant ils avaient peur.

De la Métonnerie, Biot s'étant rendu au village de Saint-Nicolas-de-Sommaire, se présente chez une dame à qui l'on avait porté beaucoup de pierres météoriques. Plusieurs personnes s'y trouvaient, entre autres le curé du lieu. Celui-ci rapporta qu'il regardait directement le nuage d'où l'explosion est partie. C'était un carré long dont le plus grand côté était dirigé est et ouest, il semblait immobile et il en sortait un bruit continuel, semblable au roulement d'un grand nombre de tambours ; puis on entendait les pierres siffler dans l'air comme une balle qui passe, et tomber sur la terre en rendant un coup sourd. On remarquait très bien que le nuage décrépitait successivement de différents côtés, et chacune de ces explosions ressemblait au bruit d'un pétard. Le curé de Saint-Nicolas avait entendu tomber ces pierres sans les voir, celui de Saint-Michel, présent à l'entretien, assura en avoir aperçu une qui, étant tombée dans la cour de son presbytère, aux pieds de sa mère, avait rebondi à plus d'un pied de hauteur sur le pavé.

La maîtresse de la maison donna à Biot plusieurs des masses qui étaient en sa possession. Elles étaient toutes semblables à celles que l'académicien avait eu déjà l'occasion de voir. D'après les renseignements recueillis, il en est tombé une quantité effrayante en cet endroit et dans les environs. Quoiqu'elles fussent encore fort grosses, puisqu'elles pesaient jusqu'à $0^k,97$, aucune d'elles n'égalait celle de la Vassolerie et des environs de Fontenil. Tout le monde s'accorde à dire que ces pierres fumaient sur la place où elles venaient de tomber. Portées dans les maisons, elles exhalaient une odeur de soufre si désagréable, qu'on fut obligé de les mettre dehors. Dans les premiers jours elles se cassaient très facilement, elles avaient acquis depuis une

excessive dureté ; changement qui, suivant la remarque de M. Biot, attestait qu'elles étaient étrangères aux lieux où on les avait trouvées.

Dans une ferme voisine il trouva une femme âgée et deux jeunes filles qui déclarèrent toutes trois avoir vu tomber des pierres et en avoir eu une peur horrible: elles étaient seules en ce moment dans la maison et s'attendaient incessamment à périr. Elles montrèrent dans l'enclos de la ferme plusieurs trous d'où elles avaient extrait les morceaux de ces pierres et elles en remirent un échantillon à leur visiteur : c'était toujours la même espèce.

Dans une autre ferme, mêmes récits. La maîtresse de la maison, son fils et sa fille avaient vu au milieu d'un effroyable bruit tomber une pierre qui cassa une branche d'un poirier ; le jeune homme courut pour la ramasser ; mais la trouvant enfoncée en terre, il cria à sa sœur d'apporter une bêche. Celle-ci vint ; à peine arrivée, il lui passa devant le visage une petite pierre qui tomba à ses pieds. Alors elle n'eut rien de plus pressé que de s'enfuir, et la pierre ne fut ramassée que lorsque la peur se fut dissipée avec le danger.

Au hameau du Mesle, un vieux laboureur, sa famille et ses gens avaient été témoins du phénomène. Le roulement ressemblait si bien au bruit du feu dans une cheminée, qu'ils crurent que la maison brûlait, et qu'ils coururent chercher de l'eau à la mare pour l'éteindre. « Nous avons vu, disait le vieillard, tomber des pierres d'en haut. Moi qui ne suis pas peureux et qui étais fatigué, je ne me suis pas dérangé pour les aller chercher ; mais mes enfants y coururent et les rapportèrent. Une d'elles tomba près de la mare et fit peur à une poule qui se trouvait là ; une autre tomba sur le faîte de la maison et roula jusqu'à terre ; nous crûmes que c'était notre cheminée qui tombait. »

Biot eut en cet endroit la bonne fortune de retirer lui-même une pierre météorique de la terre où elle était enfoncée. Elle ressemblait parfaitement à toutes les autres. Près de là il rencontra « un berger qui passait autrefois pour incrédule, mais que la peur de ce terrible météore avait converti ».

Au bourg de Gloss, où il se rendit alors, on avait entendu violemment l'explosion au sud-ouest, mais il n'y était rien tombé. Notre savant apprit que quelques pierres, mais petites et en très petit nombre, avaient été vues au hameau de la Belangère, situé à l'ouest de Gloss. Il fut ainsi confirmé dans l'opinion qu'il n'était rien tombé dans les villages de Saint-Antonin et de Couvain. Dès lors, les limites de l'explosion au sud, à l'est et au nord étaient connues ; il ne restait plus à parcourir que le côté de l'ouest.

Biot alla d'abord au hameau de la Barne. Au rapport des habitants, qui n'en parlaient encore qu'avec effroi, autour d'eux les pierres tombaient comme la grêle en sifflant. Ils avaient couru à la mare, croyant que les bâtiments étaient en feu ; leur peur était telle qu'ils s'attendaient à périr, toutes les pierres tombées en cet endroit étaient fort petites. On en avait tant ramassé qu'on finit par les jeter dans la basse-cour comme n'offrant aucun intérêt.

Au hameau de Bois-la-Ville, un propriétaire raconta qu'il était au milieu de sa cour, tête nue ; il entendit subitement, comme 3 ou 4 coups de canon, suivis d'une espèce de décharge qui ressemblait à une fusillade, après quoi il se fit un épouvantable roulement de tambours accompagné de sifflements très forts, causés par des pierres qui tombaient sur la terre. L'air était tranquille et le ciel serein ;

seulement on observait directement au-dessus de la cour un petit nuage noir qui paraissait immobile, et duquel semblait partir tout ce bruit. On ramassa sur-le-champ une grande quantité de pierres météoriques dans l'enclos qui environne la maison : elles étaient toutes excessivement petites.

A la ferme de la Blandinière, au hameau du Teil, au village des Guillemins que Biot visita ensuite, il n'était tombé qu'un petit nombre de pierres et fort petites. Ces points formaient la limite occidentale de l'explosion.

Biot rentra à l'Aigle à dix heures du soir, son enquête était terminée. Elle avait mis hors de doute les faits suivants, ainsi résumés par le sagace académicien.

« Le mardi, 6 floréal an XI, vers une heure de l'après-midi, le temps étant serein, on aperçut de Caen, de Pont-Audemer et des environs d'Alençon, de Falaise et de Verneuil, un globe enflammé d'un éclat très brillant et qui se mouvait dans l'atmosphère avec beaucoup de rapidité.

« Quelques instants après, on entendit à l'Aigle et autour de cette ville, dans un arrondissement de plus de 30 lieues de rayon, une explosion violente qui dura cinq ou six minutes.

« Ce furent d'abord trois ou quatre coups semblables à des coups de canon, suivis d'une espèce de décharge qui ressemblait à une fusillade ; après quoi, on entendit comme un épouvantable roulement de tambours.

« Ce bruit partait d'un petit nuage qui avait la forme d'un rectangle, et dont le plus grand côté était dirigé est-ouest. Il parut immobile pendant tout le temps que dura le phénomène ; seulement les vapeurs qui le composaient s'écartaient momentanément de différents côtés par l'effet des explosions successives. Ce nuage se trouvait à peu près à une demi-lieue au nord-nord-ouest de la ville de l'Aigle ; il était très élevé dans l'atmosphère, car les habitations de la Vassolerie et de Bois-la-Ville, hameaux situés à plus d'une lieue de distance l'un de l'autre, l'observèrent en même temps au-dessus de leurs têtes. Dans tout le canton sur lequel ce nuage planait on entendit des sifflements semblables à ceux d'une pierre lancée par une fronde, et l'on vit en même temps tomber une multitude de masses solides exactement semblables à celles que l'on a désignées sous le nom de pierres météoriques.

« La plus grosse de toutes celles que l'on a trouvées pesait $18^{k},15$ au moment où elle tomba ; la plus petite que j'ai rapportée avec moi ne pèse que 7 ou 8 grammes ; cette dernière est donc environ mille fois plus petite que la précédente. Le nombre de toutes celles qui sont tombées peut être évalué à deux ou trois mille. »

De retour à Paris, Biot s'empressa de lire à l'Académie des sciences (29 messidor an XI) la relation de son voyage. A partir de ce jour, le phénomène de la chute des pierres fut démontré pour tout le monde. Biot avait rapporté du département de l'Orne un grand nombre de pierres météoriques ; elles furent déposées au Muséum d'histoire naturelle, où on peut les voir.

Au sujet de l'origine des météorites, il y a quelque intérêt à citer un passage d'un petit livre du dix-septième siècle, peu connu, et qui montre que des hypothèses aujourd'hui en honneur ont été depuis longtemps avancées. Le livre dont il s'agit est dû à Le Gallois[1]. On y trouve, à la page 181, le récit vraiment fort bien

1. *Conversation de l'Académie de M. Bourdelot*, etc. Le tout recueilly par le sieur Le Gallois. Paris, 1672.

fait de la chute de météorites qui eut lieu à Vérone le 18 juin 1668. Puis : « Cela dit, on prit la pierre et on la considéra fort curieusement. On vit qu'elle estoit de couleur jaunastre, fort aisée à pulvériser, et qu'elle sentoit le soufre. Périandre après cela demanda à toute l'assemblée quelle estoit son opinion sur ce sujet. Chacun en parla diversement.... Le Signor Adriano parla de la sorte :

« Messieurs, dit-il, la croyance que j'ay que les planètes sont des globes terrestres comme le nostre, m'oblige aussi à croire que ces deux pierres sont deux fragments du globe de la lune, lesquels sont tombez sur le nostre. Si ce que vous dites estoit véritable, interrompit Périandre, ces deux pierres auroient deu tomber perpendiculairement et non pas de costé. La lune estant en son couchant, répliqua l'Italien, et la terre en mouvement, aussi bien que la lune, cela fut cause que ces pierres tombèrent collatéralement.

« I'ay leu, dit Oronte, que du temps d'Anaxagore, il tomba pareillement une pierre dans Athènes ; et comme le philosophe fut interrogé d'où cette pierre estoit venue, il répondit qu'elle venoit du ciel, qui peut estre n'estoit qu'une vieille masure en ruine. Cette plaisante imagination fit rire la compagnie, qui ne jugea pas à propos de plus contester cette opinion, qui se destruit aussi assez d'elle mesme, etc. » Cependant cette opinion a été défendue, il y a peu d'années, et elle compte même encore des adhérents.

Il y a d'ailleurs dans le public actuel une série d'explications qui ne dépareraient certes pas la collection de celles qui sont développées tout au long dans les *Conversations de M. Bourdelot*. Ainsi, par exemple, une dame possédant des connaissances extrêmement variées et qui a publié sur les sciences naturelles un très grand nombre d'observations, lesquelles, suivant l'appréciation qu'elle en donne elle-même, « ont le cachet de l'exactitude et de la plus grande vérité; » cette dame admet que la chute des météorites est due à des trombes et s'opère de la manière suivante :

« Selon moi, dit-elle, la trombe enlève des masses de roches basaltiques, pierres, sable ferrugineux, fer, charbon, nickel, thersolithe, péridot, enstatite, pyroxène et silice. Par son action électrique et chimique, elle fond ces minéraux, souvent les dissout, les mélange ou les divise, les décompose, les scarifie, les oxyde et les presse; les rendant parfois massifs, spongieux, cristallins, globulaires, granulaires, hérissés, driciques, lisses ou rugueux ; parfois aussi les ornant de veines, de lignes droites parallèles, régulières et irrégulières, de fines aiguilles disposées en faisceau ou disséminées. La trombe donne ensuite à ces masses des formes *selon son caprice*, mais d'une configuration généralement polyèdre émoussé, elle les vernit ou les couvre d'une croûte noire vitreuse qui provient de la décomposition de la vapeur et de la transsudation des matières[1]. » L'auteur, comme on voit, n'a laissé aucun point douteux, toutes les circonstances du phénomène sont expliquées.

La place est convenable pour citer un opuscule récent[2], où les météorites sont pré-

1. *Observations sur l'origine des corps météoriques, aérolithes, bolides ou pierres qu'on dit tombées du ciel*, par Mme Jeannette Power, née de Villepren, titulaire de seize diplômes de membre correspondant de plusieurs Académies des sciences, belles-lettres et arts de France, d'Angleterre, de Bruxelles, de Sicile, etc. Paris, 1867.

2. *Aperçus sur le rôle des astéroïdes inférieurs dans la physique du monde*, par M. F. Capel, ancien élève de l'École polytechnique (1883), sous le titre de *La chute du Ciel*. M. d'Espiar de Collonges a publié un ouvrage du même genre.

sentées comme « la cause première des plus grands fléaux qui désolent notre malheureuse planète ».

C'est Chladni qui, le premier, émit l'opinion que l'espace renferme, outre les corps célestes que nous connaissons, de petites masses de matières isolées, et qui s'y meuvent jusqu'à ce qu'elles arrivent assez près d'un autre corps céleste pour en être attirées et tomber sur lui[1]. Dans cette supposition, la chute des météorites est due à l'attraction exercée par la Terre sur les minuscules corps planétaires. L'hypothèse de Chladni, admise généralement aujourd'hui, rend assez bien compte des diverses particularités du phénomène.

Elle fut développée d'abord par l'illustre physicien de Wittenberg dans un mémoire relatif à la masse de fer découverte à Krasnojarsk par Pallas. La *Bibliothèque britannique* en publia une analyse, à laquelle nous empruntons quelques passages : « Le docteur Chladni fait voir d'une manière fort ingénieuse que la masse de fer de Krasnojarsk n'a pu être produite par voie humide ; qu'elle n'a pu non plus être l'effet de l'art ou de la combustion d'une forêt, occasionnée par le feu du ciel ou par une éruption volcanique. Il paraît beaucoup plus probable que cette masse est de même nature que ces météores appelés *balles à feu* ou *dragons volants ;* et il cite une grande variété d'observations faites sur ces phénomènes. Il cherche à établir, d'après ces observations, que ces accumulations ne sont point dues à une accumulation de la matière des aurores boréales, ni à un passage de l'électricité d'une partie de l'atmosphère dans une autre, ni à une accumulation de matières poreuses, inflammables, dans les hautes régions, ni à l'inflammation d'une longue traînée de gaz hydrogène ; mais il montre que leurs ingrédients doivent être d'une nature fort dense et pesante, parce que leur cours paraît être soumis évidemment à l'action de la gravité ; et parce que leur masse, quoiqu'elle s'étende jusqu'à acquérir un volume prodigieux, conserve encore assez de consistance et de poids pour posséder un mouvement très rapide dans une grande portion de l'espace, sans être décomposée ni dissoute malgré la résistance de l'atmosphère. Comme notre globe est principalement composé de particules terrestres et métalliques, et que le fer en particulier est de beaucoup le plus abondant des métaux, d'autres corps planétaires peuvent être composés d'une manière analogue, peut-être même tout à fait semblable au fond, quoique les combinaisons et les modifications de ces éléments puissent varier indéfiniment. Il se pourrait aussi qu'il existât dans l'espace quelques petites accumulations de matière dense, indépendante des grands corps planétaires, et qui, mise en mouvement par quelque force de projection ou par quelque attraction, continue à se mouvoir en ligne droite jusqu'à ce qu'elles arrivent dans le voisinage de la Terre ou de quelque autre corps qui, par son attraction supérieure, décide leur chute à sa surface. Par leur vitesse excessive, qu'augmente encore l'attraction de la Terre et par le frottement violent que ces masses éprouvent de la part de l'atmosphère qu'elles traversent, il doit naître beaucoup d'électricité et beaucoup de chaleur, et elles ne tardent pas à devenir incandescentes; elles se fondent : il s'en dégage beaucoup de vapeurs et diverses sortes de gaz qui font boursoufler la masse jusqu'à un volume considérable, et finissent quelquefois par la faire voler en éclat avec explosion. »

1. *Ueber feuer Meteore, und über die unt denselben herabgefallenen*, von Ernst-Florens-Friedrich Chladni. Vienne, 1819.

La théorie de Chladni fut suivie d'assez près par une hypothèse qui, bien qu'imaginée par Laplace, était tout à fait abandonnée, lorsque, il y a quelques années, un savant distingué des États-Unis, que nous avons eu souvent l'occasion de nommer, Lawrence Smith, a entrepris de la relever. Cette théorie consiste à faire, des météorites, des déjections des volcans lunaires.

On a déjà vu par l'extrait donné plus haut des *Conversations de l'abbé Bourdelat*, que cette idée avait été émise bien avant Laplace. Nous pouvons ajouter qu'elle a été reproduite bien des fois, et que, par exemple, Lichtenberg disait : « La Lune est un voisin incommode qui salue la Terre en lui lançant des pierres [1] ».

Dans l'hypothèse de Chladni, il faut considérer les météorites comme de petites planètes circulant autour du Soleil. Leur arrivée sur la Terre peut être considérée comme un accident; il n'en est pas de même de leur chute vers le Soleil. Si les météorites tournent autour du Soleil, leurs orbites vont nécessairement se rétrécissant, par suite de l'attraction qui émane de l'astre central, de façon qu'au voisinage du Soleil la condensation de cette matière cosmique doit être plus grande que dans des régions plus éloignées.

On a vu que l'étude des météorites nous a conduits à une conclusion tout à fait différente.

L'historique des météorites a occupé un grand nombre d'auteurs dont les travaux se trouvent condensés dans la très intéressante étude de M. Kesselmeyer, continuée par M. Otto Buchner [1].

Je mentionnerai parmi les ouvrages généraux :

1586. CONRAD GESSNER. *De Meteoris* (Tigur).

1794. CHLADNI. *Ueber den Ursprung des von Pallas gefundenen und anderer ihr ähnlichen Eisenmassen, und einige damit in Verbindung stehende Naturerscheinungen* (Leipzig).

1796. KING. *Remarks concerning stones said to have fallen from the clouds* (Londres).

1803. HOWARD. *Experiments and observations on certain stony and metalline substances which at different times are said to have fallen on the Earth* (Londres).

1803. IZARN. *Des pierres tombées du ciel. Lithologie atmosphérique, présentant la marche et l'état actuel de la science sur le phénomène des pierres de foudre, pluies de pierres, pierres tombées du ciel, etc.* (Paris).

1803. BIOT. *Relation d'un voyage fait dans le département de l'Orne pour constater la réalité d'un météore observé à l'Aigle* (Paris).

1812. BIGOT DE MOROGUES. *Mémoire historique et physique de la chute des pierres tombées sur la surface de la Terre à diverses époques* (Orléans).

1822. WALCH. *Ueber Meteorsteine oder Aerolithen* (Schleusing).

1819. CHLADNI. *Ueber Feuermeteore und die mitselben herabgefallenen Massen* (Vienne).

1. *Sur la physique du globe*, Quételet, Bruxelles, 1861, p. 278.

2. *Ueber den Ursprung des Meteorsteine*, von P. A. Kesselmeyer. — *Quellenverzeichniss zur Litteratur der Meteoriten*, von Dr Buchner; 2 volumes in-4° avec 3 cartes. Francfort-sur-le-Mein, 1861 et 1863.

1820. Schreibers. *Beiträge zur Geschichte und Kenntniss meteoricher Stein und Metallmassen* (Vienne).

1834. Benzenberg. *Die Sternschnuppen sind Steine aus den Mondvulkanen* (Bonn).

1843. Partsch. *Die Meteoriten oder von Himmel gefallenen Stein- und Eisenmassen im K-K. Hof Mineralienkabinette zu Wien* (Vienne).

1844. Ronconi. *Delle aeoriliti* (Padoue).

1844. Browne. *An essay on solid meteors and aerolithes* (Philadelphie).

1844. Baumhaue. *Disscrtatio de ortu lapidum meteoricum* (Amsterdam).

1851. Boisse. *Recherches sur l'histoire et la nature des aérolithes* (Rodez).

1852. Clark. *Dissertation on metallic meteorites* (Gœttingen).

1854. Barcells. *Lithologia meteorica* (Barcelone).

1855. Greg. *An essay on meteorites* (Londres).

1859. Buchner. *Die Feuermeteore insbesonders die Meteoriten historisch und naturwissenchaftlich betrachtet* (Giessen).

1860. Kenngott. *Ueber Meteoriten* (Zurich).

1863. Buchner. *Die Meteoriten in Sammlungen; ihre Geschichte, mineralogische und chemische Beschaffenheit* (Leipzig).

1867. Stanislas Meunier. *Étude descriptive, théorique et cxpérimentale sur les météorites* (Paris).

1870. Stanislas Meunier. *Lithologie terrestre et comparée* (Paris).

1871. Stanislas Meunier. *Le ciel géologique, prodrome de géologie comparée* (Paris).

1874. Stanislas Meunier. *Cours de géologie comparée professé au Muséum d'histoire naturelle* (Paris).

1875. Maskelyne. *Some lectures on meteorites* (Londres).

1879. Daubrée. *Études synthétiques de géologie expérimentale* (Paris).

Il paraît indispensable, pour fixer les idées relativement à la partie météorologique de l'histoire des météorites, de rapporter quelques relations de chutes : nous les avons choisies parmi les mieux connues et parmi celles qui ont offert les particularités les plus remarquables.

CHUTE D'AGEN (LOT-ET-GARONNE)

(Extrait du *Journal de Lot-et-Garonne*, n° 911, 19 novembre 1814.)

« Belvez, 15 octobre 1814.

« Monsieur,

« Le dimanche 4 septembre 1814, je partis pour une tournée à l'issue de laquelle je me rabattis, le samedi matin 10, à Sarlat.

« J'y appris que quinze des habitants les plus distingués de la ville étaient partis

le matin par Bezenac, commune située sur les bords de la Dordogne, à l'effet d'y constater les accidents produits par une trombe de feu qui y avait éclaté le 5 sur la plaine.

« Après plusieurs fortes détonations, la terre, disait-on, s'était ouverte, le gouffre avait vomi et lancé au loin beaucoup de terre, des pierres, etc. Ceux qui n'avaient pu se procurer des chevaux, en étaient tout contristés : ils erraient par la ville pour tâcher de recueillir des renseignements sur le phénomène extraordinaire qui les alarmait par trois raisons : 1° parce que les détails qu'on en racontait croissant, comme de règle, dans chaque bouche, étaient devenus à la fin épouvantables; 2° parce que deux ans auparavant, à pareil jour (5 septembre 1812), une trombe d'eau avait occasionné dans l'arrondissement de Sarlat des désastres horribles; 3° enfin, parce que, je ne sais pourquoi ni comment, il s'était, depuis un mois, répandu parmi le peuple que la fin du monde arriverait le 5 septembre de cette année.

« Dès que je parus, on me demanda des nouvelles du *volcan sans feu;* je répondis que, voyageant depuis dimanche dans des pays éloignés de celui qui avait été le théâtre du phénomène, je n'en avais aucune connaissance. Je me retirai chez moi le samedi soir : on n'y savait rien de ce qui occupait les Sarladais.

« Il y vint des personnes qui me racontèrent l'issue du voyage des quinze curieux de Sarlat à Bezenac ; le maire de cette commune, qui est mon ami particulier, me confirma leur récit, qui fut tel que vous allez le lire.

« Si le maire fut étonné de voir arriver inopinément tous ces messieurs de Sarlat, il le fut bien autrement lorsqu'ils lui expliquèrent le motif de leur voyage, le priant de leur faire voir le gouffre qui, suivant la tradition, s'était ouvert sous ses fenêtres et de leur montrer les pierres tombées du ciel ou sorties de la terre, desquelles il avait sans doute fait ample collection. Il eut toutes les peines du monde à leur faire entendre qu'il n'y avait ni gouffre, ni volcan sans feu, ni pierre du ciel ou d'ailleurs; que probablement quelque plaisant s'était amusé à faire des contes; que toute l'affaire se bornait à trois coups de tonnerre qui avaient éclaté le 5 vers midi, par un ciel très clair et un temps excessivement chaud; enfin, que ces trois coups de tonnerre qui avaient été distinctement entendus par des gens qui se trouvaient dehors, n'avaient pas été assez forts pour être généralement entendus dans les maisons. Ces messieurs, et vous le croirez aisément, furent tout à fait désappointés; ils se voyaient devenus la risée de tout Sarlat, où l'esprit est passablement goguenard. L'un d'eux proposa de prévenir les sarcasmes en mystifiant toute la ville : il ne s'agissait, suivant lui, que de frotter avec un peu de soufre des pierres qu'ils porteraient à Sarlat et qu'ils diraient être tombées du ciel. Le maire leur offrit du soufre pour cette opération. Un autre, plus avisé, prétendit que la mystification serait bien plus complète et aurait bien plus de sel s'ils se bornaient à ramasser des pierres à l'*entrée même de Sarlat* et à les donner, sans aucune espèce de préparation, comme pierres du ciel qu'ils feraient, disaient-ils, avaler fort aisément à la crédulité publique. Cet avis fut adopté et suivi. Aux approches de la ville, chacun se chargea d'une pierre de deux ou trois livres; ils les portèrent en triomphe et les déposèrent dans la boutique du sieur Lavergne, apothicaire, l'un des voyageurs curieux. La population entière accourut à cette boutique; on s'extasiait devant ces pierres merveilleuses; on se disputait le plaisir de les tâter, de les flairer : on trouvait *qu'elles sentaient*

le soufre à plein nez; qu'il était bien aisé de voir qu'elles n'étaient pas de ce monde; que leur couleur et surtout leur poids, au moins double de celui des pierres terrestres, dévoilaient leur origine céleste, etc. « Quel bonheur, disaient ces bonnes gens, que ce vilain gouffre ne se soit pas ouvert près de Sarlat; ces pierres si pesantes auraient mis la ville en capilotade, » etc. Les voyageurs, rentrés chez eux, racontaient les merveilles qu'ils avaient vues et celles plus étranges encore qu'ils disaient avoir entendu raconter. Leurs femmes, leurs filles et leurs sœurs remarquèrent que leurs habits empoisonnaient le soufre, les firent changer malgré qu'ils en eussent, et suspendirent leurs vêtements pour les faire aérer, etc.

« Cette facétie durerait encore, peut-être même quelque savant nous aurait-il déjà rendu plus claires que le jour les causes de ce phénomène si, le lendemain même, un des voyageurs n'avait trahi le secret juré. Vous avez pu, monsieur, vous convaincre plus d'une fois que sur ce point bon nombre d'hommes sont femmes. Il en est résulté que tous, absolument tous les habitants de Sarlat, ayant ainsi été moqués, aucun d'eux n'a osé se moquer des voyageurs.

« Signé: AM. B. »

CHUTE DE JUVINAS (ARDÈCHE)

Observations sur l'aérolithe tombé à Juvinas, le 15 juin 1821 :

« Le 15 juin 1821, vers les 3 heures du soir, le ciel était serein, quelques nuages légers traversaient les airs poussés par un vent de nord-est qui agitait aussi les couches inférieures de l'atmosphère.

« Je faisais tailler des mûriers et, au moment où l'on plaçait une échelle contre le plus élevé de tous et que j'avais par conséquent les yeux levés vers le ciel, l'ouvrier qui tenait l'échelle et moi aperçûmes en même temps perpendiculairement sur nos têtes un globe de feu qui, avec une rapidité extrême, alla tomber vers l'extrémité est du Tanargue, mais sur un point plus éloigné.

« La rapidité de la chute de ce météore me donna la conviction que j'assistais à la chute d'un aérolithe.

« J'ordonnai de suite à douze ouvriers qui m'entouraient et dont un seul avait aperçu le globe enflammé de garder le silence, et je plaçai vite la main sur mon pouls afin de calculer à quelle distance avait lieu l'explosion qui accompagne toujours la chute des aérolithes.

« J'avais lu le rapport de MM. Biot et Delambre, qui avaient, au commencement de ce siècle, été dans la Normandie constater la fameuse chute de pierres météoriques arrivée à l'Aigle et qu'on évalua à environ 2000.

« De plusieurs communes éloignées on avait vu au zénith, disaient ces savants, un globe de feu sortir d'un nuage noir triangulaire. J'avais toujours pensé que le nuage n'était pas le point de départ de l'aérolithe, mais qu'il se formait là où avait lieu l'explosion. Je me hâtai, tout en comptant les pulsations de mon pouls, de voir si j'apercevrais quelque trace de l'explosion, et je fus heureux de voir que mes conjectures se réalisaient.

« Au zénith, où j'avais aperçu le globe au moment de son apparition, il n'y avait aucune trace de vapeurs, mais beaucoup plus bas, à un angle peut-être de 20°, sur la ligne qu'il avait parcourue, j'aperçus comme un ruban perpendiculaire, ayant environ quatre doigts de largeur apparente et plusieurs mètres de longueur. Ce nuage resta immobile, s'affaiblit peu à peu sans changer de forme et disparut au bout d'environ vingt minutes.

« J'avais compté quatre-vingts pulsations, mais j'avais malheureusement, en recommandant le silence à mes ouvriers, dit que le globe de feu que j'avais aperçu était une pierre tombée du ciel, et l'un d'entre eux m'ayant demandé si la chose était possible, les autres firent un tel bruit que mon observation fut interrompue.

« Je ne m'en consolerai pas, leur dis-je, si, dans quelques instants, nous entendons un bruit pareil à celui d'un tonnerre. Après avoir causé quelque temps, nous entendîmes effectivement comme le roulement d'un tonnerre lointain qui se répéta, mais affaibli, sur la droite. Je pensai que c'était l'effet d'un écho sur les montagnes du Coiron qui sont dans cette direction.

« On verra, en lisant la lettre de M. le curé de Juvinas, que mes conjectures étaient fondées.

« On parle beaucoup des illusions d'optique que produit la chute des aérolithes, mais je crois que le manque d'instruction est la principale cause que l'on observe mal.

« A Berrias, ou dans les environs, un assez grand nombre de personnes avaient suivi la chute de l'aérolithe, et toutes dans des directions différentes et même opposées.

« Eh bien, je puis certifier que j'appréciai si bien la véritable direction que suivit l'aérolithe et la distance où il tomba, que j'annonçai qu'il avait dû tomber du côté de Vals, ou vers Antraygues. Juvinas est au couchant d'Antraygues et limitrophe. Berrias est à la distance de 9 à 10 lieues de Juvinas.

« Je voulais partir de suite pour aller à la recherche de cet aérolithe. Des obstacles survinrent et je chargeai un négociant qui allait le lendemain samedi au marché d'Aubenas, de s'informer si une pierre n'était pas tombée du côté de Vals.

« Je devins la risée de tous les négociants à qui il s'adressa. Quatre jours après j'obtins le même résultat.

« Une lettre que j'écrivis réussit mieux, et des recherches amenèrent la découverte de l'aérolithe.

« Je transcris quelques fragments d'une lettre que je reçus de M. le curé de Juvinas en réponse aux questions que je lui adressais :

« Monsieur, c'est avec un vrai plaisir que je m'empresse de vous donner les détails que j'ai pu recueillir relativement à l'important phénomène dont nous avons été témoins dans cette commune :

« Le vendredi, 15 juin dernier, un vent du nord presque froid soufflait avec assez de violence. Le ciel était clairement parsemé de petits nuages, lorsque, vers les trois heures de l'après-midi, nous entendîmes tout à coup une détonation épouvantable que l'on peut comparer à un coup de canon, mais beaucoup plus forte; elle fut suivie d'un roulement qui se prolongea environ de trois minutes et qui semblait parcourir et remplir les vallons circonvoisins, ce qui faisait croire à nos paysans que le monde touchait à sa fin et que notre globe s'enfonçait peu à peu.

« Tous étaient remplis de frayeur et d'étonnement, tous promenaient leurs re-
« gards dans l'atmosphère.

« Au milieu de ce roulement, plusieurs crurent entendre deux ou trois coups
« sourds et semblables à des mines souterraines, mais il paraît que ce n'était que
« les échos de la première détonation, vu qu'ils furent diversement entendus selon
« les lieux où l'on se trouvait.

« Un instant après, trois témoins entre autres, bien dignes de foi, aperçoivent
« du côté du nord un très petit nuage noir qui traverse obliquement les airs et qui
« semble s'agiter, se tordre en tout sens. Ils suivent des yeux cette masse qui
« paraît se diriger vers eux; saisis de crainte, ils se jettent la face contre terre et
« se croient morts; aussitôt ils entendent comme des arbres qu'on arrache et qui
« tombent en pièces, des sifflements, des frottements dans l'air et enfin un bruit
« sourd, assez considérable; c'est en ce moment que la terre est frappée par l'aéro-
« lithe. Quelques moments se passent, ils se relèvent, l'un d'eux monte sur une
« muraille, mais il ne peut s'y soutenir tant la frayeur l'occupe, il n'aperçoit rien.

« Le lendemain, il passe par hasard au même lieu et aperçoit à cinquante pas
« environ de l'endroit où il était la veille au moment de la chute de l'aérolithe, au
« milieu d'un champ ensemencé de pommes de terre, une ouverture de trois pieds
« de diamètre et deux pieds de profondeur; il regarde de plus près et voit au
« milieu de cette ouverture un trou autour duquel la terre est brûlée et réduite en
« cendres, et s'aperçoit que la terre de la grande ouverture a éclaboussé de tous côtés.

« Quelques jours après on se rendit sur les lieux, on creusa et l'on trouva à cinq
« pieds de profondeur une pierre noire et brillante, pesant deux cent vingt livres;
« les petits cailloux environnants étaient pulvérisés et la terre, réduite en cendre,
« s'était attachée avec tant de force à cette pierre météorique dans sa partie infé-
« rieure, qu'elle y formait une couche épaisse que l'on pouvait à peine détacher
« avec un marteau en enlevant même des particules du vernis qui la couvre en-
« tièrement; ce vernis forme une couche plus ou moins épaisse et plus brillante
« en dessus que dessous.

« Cette pierre ne présentait aucune forme particulière et avait beaucoup de si-
« nuosités.

« Elle ne conservait plus aucune chaleur quand on la retira, mais en l'approchant
« du nez, elle avait une légère odeur de soufre. On n'a pas trouvé d'autres pierres
« météoriques dans le même champ, mais, au delà d'une montagne assez élevée
« et située au midi, sur un petit sentier, on en découvrit une du poids de deux
« livres; plusieurs autres plus petites ont été trouvées à Neyrac; toutes sont re-
« couvertes du vernis.

« Le terrain sur lequel a eu lieu la chute du grand aérolithe présente une couche
« de terre végétale d'environ un pied; dessous il n'y a ni rochers ni grosses pierres,
« mais un gravier mêlé avec une terre roussâtre, si dur qu'à peine on peut y
« enfoncer la pointe d'un marteau. »

« Voilà ce que m'écrivait M. Fraysse, curé de Juvinas.

« On remarque dans cette narration quelques inexactitudes bien fortes. Ainsi, c'est quelques instants après la détonation que les trois hommes qui se trouvaient à 50 pas seulement du lieu où tomba l'aérolithe, le voient venir sous la forme d'un nuage noir, et c'est encore après qu'ils ont entendu les sifflements, comme le bruit

d'arbres que l'on brise et enfin un coup sourd. Ils n'ont pas vu l'aérolithe qui paraissait comme un globe de feu. Ils ont dû d'abord entendre les sifflements et le coup sourd, puis apercevoir ce même nuage que j'avais vu de Berrias à l'endroit où dut se faire l'explosion, et quelques instants après, la détonation.

« Je regrette de n'avoir pas conservé la relation imprimée par les ordres des autorités de Juvinas et qui commençait ainsi : « Entends-tu, Jean-Pierre, le bruit que « font ces cinq cent mille diables qui traversent les airs ? — Oui, Claude, je l'en- « tends, » etc.

« Les ouvriers ne creusèrent le sol où était tombé l'aérolithe qu'après y avoir jeté de l'eau bénite.

« La relation faite par M. Fraysse, si l'on écarte cette transposition de quelques circonstances, est pleine d'intérêt.

« Ne pourrait-on pas calculer approximativement la force du mouvement d'un corps qui s'enfonce à 5 pieds de profondeur dans un sol dont 4 pieds sont d'une telle dureté que la pointe d'un marteau y pénètre à peine, pulvérisant et agglutinant ces graviers; l'aérolithe étant dans un état d'ignition depuis quelque temps quand l'explosion a lieu, le vernis doit être moins épais là où il se détache des fragments, et j'avais demandé à M. le curé d'examiner l'épaisseur sur toute la surface ; mais il aurait fallu faire cet examen dans les parties seules qui n'avaient pas essuyé de frottement.

« Au reste, on pourrait faire encore cette observation, une portion de l'aérolithe de Juvinas, du poids de plus de 15 kilogrammes, étant au cabinet d'Histoire naturelle du Jardin des Plantes et le fragment de deux livres trouvé au delà d'une montagne faisant partie des collections qu'à laissées M. Villiers du Terrage.

« Revenons à nos observations faites à Berrias. J'avais compté 84 secondes lorsque je fus interrompu, et je jugeai, lorsque j'entendis la détonation, qu'il s'était écoulé à peu près le même espace de temps. Ce serait donc à 57 kilomètres de hauteur qu'aurait eu lieu l'explosion. Cela s'accordait assez avec l'angle sous lequel j'avais aperçu le nuage où je présume qu'elle se fit.

« Les fragments les plus éloignés de l'aérolithe de Juvinas étant tombés à Meyras, environ à 5 kilomètres de distance, il me semble que cette distance s'accorde assez bien avec la hauteur à laquelle les fragments se séparaient.

« On verra plus bas une autre observation d'un autre aérolithe que j'ai vu tomber et qui viendrait à l'appui de ce que j'avance.

« Je recommande beaucoup aux personnes qui verront tomber des aérolithes de bien observer le nuage qui les accompagne. J'avais cru, comme je l'ai dit, que ce nuage ne se formait qu'au moment où avait lieu l'explosion, et je crois en être certain depuis que j'ai observé la chute de l'aérolithe de Juvinas.

« M. de Humboldt dit, dans le *Cosmos*, que les aérolithes partent d'un nuage très obscur, et je lis dans la page suivante : « Que se passe-t-il dans ces nuages noirs où il tonne des minutes entières avant que les aérolithes en soient précipités? »

« Je crois que des observations mal faites sont cause de cette erreur.

« Voyez la relation que m'a envoyée M. le curé de Juvinas ; un habitant des environs de Juvinas, ayant reçu une bonne éducation, m'assurait que l'aérolithe venait de l'horizon, ce qui lui faisait croire qu'il avait été lancé par un volcan.

« Cette pierre météorique fut brisée en quantité de fragments qui ont été disséminés.

« Un fragment de 60 livres que s'était procuréun habitant de Juvinas fut livré à la curiosité publique à la foire de Beaucaire et dans les principales villes du Midi. Le propriétaire en vendait des fragments, et M. Cordier acheta trente livres qui restaient pour la collection du Jardin des Plantes. Un de mes amis en envoya six livres à M. de Bournon. J'en ai moi-même beaucoup donné; il me reste deux beaux échantillons pesant près d'un kilogramme.

« Le plus petit fragment appartenait à la partie supérieure qui n'avait subi aucun frottement; la surface extérieure est lisse et le vernis qui la couvre en entier est très brillant.

« Le plus gros fragment a été détaché de la partie supérieure, qui a subi un choc et un frottement énormes; le vernis est en partie enlevé; mais un fait bien important et qui prouve qu'en dessous de la surface vitrifiée il y a eu un grand ramollissement, c'est qu'on voit des dépressions causées par deux petits cailloux roulés sans qu'il y ait eu des éclats, des déchirures; on voit évidemment que, près de sa surface, l'aérolithe était un peu à l'état pâteux.

« On prétend qu'il n'y avait pas de fer dans cette pierre météorique; on distingue à la loupe de petits points pyriteux et, ce qui est remarquable, un cristal miroitant bien reconnaissable de labradorite de trois à quatre centimètres de longueur. »

CHUTE D'AUMIÈRES (LOZÈRE).

« J'ai vu tomber un autre aérolithe dans les premiers jours de juin 1842. C'était à l'entrée de la nuit; tout fut illuminé comme par l'effet de l'éclair le plus brillant.

« Je ne vis le globe de feu qu'au moment où il plongeait vers le couchant derrière les monts de la Lozère, je regardai vite ma montre, et ce ne fut qu'après huit minutes qu'un roulement comme celui d'un tonnerre lointain se fit entendre.

« L'éloignement qui, je le pense, était trois fois plus considérable que celui de l'aérolithe de Juvinas, d'après ce que je rapporterai plus bas, fut cause sans doute que ce roulement ne fut pas aussi considérable que celui occasionné par la chute de l'aérolithe de Juvinas; il ne fut répété par aucun écho.

« J'étais au moment d'envoyer à M. Élie de Beaumont un mémoire géologique, et j'y joignis une lettre où je lui faisais part de mon observation. Il la fit insérer dans les journaux, afin que l'on s'occupât de la recherche de cette pierre météorique, et, quelques jours après, ils publièrent une lettre de l'ingénieur en chef du département de la Lozère ayant le même but.

« Les recherches ont été vaines; le phénomène eut lieu à l'entrée de la nuit; la Lozère est peu peuplée et renferme surtout beaucoup de montagnes incultes et désertes.

« Je pus l'année suivante parcourir ce département: plusieurs habitants de Mende, que je connaissais, me dirent qu'ils étaient à la promenade au moment de la chute de l'aérolithe et qu'il s'était écoulé environ deux minutes de l'apparition du météore au bruit de l'explosion. On m'écrivit, il y a quelques années, qu'un garde forestier ayant trouvé un aérolithe du côté du Coiron, l'avait vendu à un monsieur de ma connais-

sance. On crut en me l'envoyant me faire un cadeau précieux ; c'est un culot de verre noir et poreux.

« Mais voici des faits bien singuliers et dont je ne puis garantir l'authenticité, mais que je crois cependant devoir faire connaître.

« Une grêle épouvantable enleva toutes les récoltes de Lachamp Raphaël et Burzet, étendit ses ravages du côté d'Aubenas, de Joyeuse, et jusqu'aux portes de Viviers en diminuant d'intensité. A Burzet, on cassa un grêlon de trois pouces de diamètre, et dans l'intérieur on découvrit avec surprise une pierre qui fut portée à M. Arnaud, notaire et maire de Burget. Ayant fait une excursion dans ces contrées, M. Arnaud, voulant m'en faire cadeau, la chercha vainement, il l'avait montrée quelques jours auparavant à M. le préfet de l'Ardèche et à MM. les membres du Conseil de revision qui étaient venus dans sa commune. Elle avait la grosseur d'une noix, était brunâtre et d'une extrême légèreté. M. Arnaud la comparait à une pierre ponce brune trempée dans de l'eau où l'on aurait délayé du plâtre et que l'on aurait ensuite longtemps gardée dans sa poche.

« C'était donc un enduit luisant qui ferait présumer un commencement de vitrification à l'extérieur comme dans les autres aérolithes, dont le vernis est noir au lieu d'être blanc. Cette différence de couleur ainsi que la légèreté de l'aérolithe de Burzet semblerait annoncer une composition différente.

« On sait que l'on a trouvé des grains de fer météorique dans des grêlons en Angleterre et à Florence.

« Voici encore un fait qui me paraît bien singulier : un de mes voisins, homme du peuple, mais rempli d'intelligence et de jugement, m'avait souvent assuré que pendant un orage affreux, en 1810, il avait trouvé dans l'intérieur d'un grêlon, dans le noyau limpide qui en formait le centre, trois ou quatre cheveux entortillés qu'il comparait à ceux qui forment les favoris ; il fit observer cette singularité à deux de ses voisins que je fis venir et qui me confirmèrent la vérité de ce fait.

« Quelle a été ma surprise quand M. Armand, le maire de Burzet, que je viens de citer, m'a certifié qu'il avait observé deux fois le même fait, et m'a dit qu'il n'était pas le seul dans la contrée qui eût trouvé dans des grêlons de ces cheveux qu'il comparait aussi à ceux qui forment les favoris.

« J'ajouterai que je n'avais pas raconté l'observation faite à Berrias, qui est éloigné de Burzet de plus de 12 lieues, que les habitants de ces deux parties du Vivarais n'ont aucune relation et que M. Armand, maire et notaire à Burzet, est un homme instruit.

« Comment expliquer ce fait ? Les courants d'air, les courants électriques auraient pu transporter les cheveux ou poils d'animaux jusque dans les couches de l'atmosphère où se forment les grêlons, mais pourquoi n'a-t-on pas aussi observé dans les grêlons des plumes, des débris de végétaux qui sont si légers ? Il faut se rappeler la chute de graines légumineuses en Espagne, de poissons à Bénarès, de poussière météorique, de cendres volcaniques, de poussière contenant des infusoires et recueillie sur les vaisseaux à plus de trois cents lieues à l'est de l'Afrique. Il faut ne rien nier des faits difficiles à expliquer, quand ils sont surtout certifiés par plusieurs témoins, et multiplier les observations. »

CHUTE DE DICKSON (TENNESSEE).

Le fer de Dickson *est tombé* le 1er août 1836 près de Charlotte, Dickson Cy, Tennessee (États-Unis), lat. 36°151 long. 57°22, en plein jour dans un champ où plusieurs personnes étaient à l'ouvrage, effrayant un cheval qui se sauva à travers champs en emportant la charrue à laquelle il était attelé.

Le fer perça la terre à la racine d'un gros chêne sous un angle aigu et pénétra dans la racine. Le ciel était nuageux et on entendit un bruit en même temps qu'on vit de la lumière.

CHUTE DE CHATEAU-RENARD (VENDÉE).

La météorite de Château-Renard (12 juin 1841) paraît avoir éclaté à une certaine hauteur au-dessus du sol; elle s'est séparée en deux fragments qui sont tombés à une quarantaine de pas de distance. L'un deux s'est brisé en une multitude de petits morceaux, par le choc qu'il a éprouvé sur la terre couverte de cailloux; l'autre, qui s'est enfoncé dans le sol, à 20 centimètres à peu près de profondeur, ne s'est cassé qu'en peu de fragments, dont l'un, beaucoup plus considérable que les autres, constitue environ les deux tiers de cette pierre météorique.

CHUTE DE LOUANS (ALGÉRIE).

Le 25 janvier 1845, à 3 heures après midi, par un temps clair et très calme, un bruit très fort a effrayé plusieurs personnes qui se trouvaient dans les champs, près du hameau le Pressoir, commune de Louans. Il fut suivi d'un sifflement comparable à celui d'un boulet de canon et du choc d'une masse sur le sol.

Le lendemain, un habitant s'étant rendu sur le point qui lui avait été signalé, il trouva un trou de 0m,40 à 0m,50, rempli de l'eau tombée pendant la nuit, et en retira une pierre noire et très dure et pouvant peser 3 kilogrammes.

Le principal échantillon, du poids de 1kgr,55, a grossièrement la forme d'un prisme pentagonal.

La chute de la météorite de Louans resta inédite jusqu'en 1881[1].

CHUTE DE TADJÉRA (ALGÉRIE).

Le dimanche 9 juin 1867, vers 10 h. 50 du soir, une lueur éclaira le ciel pendant quelques secondes ; elle était accompagnée de bruits comparables au grondement du tonnerre, ou à celui de voitures pesamment chargées et roulant sur le pavé ; ces bruits se terminèrent par trois détonations aussi fortes que des coups de canon.

1. *Comptes rendus*, t. XCII, p. 984.

Ce phénomène fut visible des points les plus opposés. Voici les renseignements qu'a recueillis M. Augerand[1].

A Sétif, à 15 kilomètres nord-ouest du point de la chute, on a vu cette lumière éclatante, et tous ont entendu le bruit qui l'accompagnait, ainsi que les détonations. Quelques habitants crurent que l'explosion devait avoir eu lieu au-dessus de la ville et furent le lendemain visiter les environs de la maison occupée par les Ponts et chaussées, espérant y trouver des aérolithes. Les recherches n'eurent aucun résultat.

A Ouled-Sahah (60 kilomètres du point de la chute), les indigènes entendirent les détonations, crurent que des coups de canon étaient tirés du côté de Sétif et demandèrent le lendemain, 10 juin, au chef de l'Annexe, s'il savait pourquoi des coups de canon avaient été tirés. Plus tard ces indigènes lui dirent avoir appris que trois boules d'or étaient tombées du ciel, et qu'on les avait remises au commandant.

A 20 kilomètres du point de la chute, à Eulma, les indigènes en grand nombre virent la lumière, comparable, dirent-ils, à celle du jour, entendirent le bruit, puis les détonations, après lesquelles le globe de feu se divisa en douze ou treize parties. Le phénomène leur parut durer une minute environ.

A Bou-Saâda, à 160 kilomètres nord-est du point de la chute, des observations plus précises furent faites par M. Corréard, du 3e tirailleurs.

Le bolide fit son apparition dans le ciel, à environ 60 degrés au-dessus de l'horizon, parcourut 20 à 25 degrés célestes pendant cinq à huit secondes en suivant une direction sud-est nord-est, et cessa d'être apparent à 400 degrés au-dessus de l'horizon. Le météore avait, en son point le plus lumineux, environ trois fois le volume apparent de Vénus ; il était accompagné d'une traînée lumineuse apparente de 5 à 10 degrés, dont le diamètre variait entre deux fois et deux fois et demie le diamètre de Vénus. La lumière qu'il projetait était blanche, irradiée au noyau, légèrement jaune en s'éloignant du centre ; elle était assez intense pour éclairer et rendre distincts à quelques mètres de distance des objets de la grosseur du poing. La traînée blanche diminuait d'intensité du noyau à la queue; du centre de la la traînée à ses extrémités latérales, des étincelles blanches, bleuissant en s'éloignant du foyer de la traînée, s'échappaient en forme de larmes.

Le météore éclata avant de disparaître, et on entendit des détonations faibles et courtes. Quelques personnes pensaient pouvoir affirmer que, à cet instant, le bolide avait dû tomber à peu de distance de S'Mila, entre 70 et 80 kilomètres ; il tombait à 160 kilomètres, ce qui expliquerait pourquoi les détonations ont paru faibles.

A Tadjera, près Guidjell, les indigènes aperçurent vers le sud-ouest une lumière partageant le ciel et assez éclatante pour que tous les objets fussent éclairés comme en plein jour ; en même temps des détonations se firent entendre, semblables à des roulements de tonnerre ou à des coups de canon extrêmement rapprochés. Un corps lumineux semblait tomber du ciel vers le sol ; mais, arrivé à une certaine hauteur, il se brisa en fragments étincelants; c'est là qu'eurent lieu les détonations.

Le phénomène semble aux Arabes avoir duré deux minutes. Tous se sont crus menacés par la chute du bolide. Aux environs de Guidjell les indigènes, qui

1. *Comptes rendus*, t. LXV, p. 240.

n'avaient fait qu'entendre ces détonations, crurent que le bordj du caïd s'était écroulé. Ils montèrent à cheval pour porter secours au besoin, et, le trouvant debout et intact, pensèrent à une catastrophe arrivée à Sétif.

CHUTE DE PULTUSK (POLOGNE).

Le 30 janvier 1868, à 7 heures du soir, pendant que le ciel était serein du côté sud et que quelques nuages seulement passaient de l'ouest vers l'est, un brillant globe de feu apparaissait à l'horizon de Varsovie, et le même jour, à 77 kilomètres de Varsovie, vers le N. E., un grand nombre de météorites s'en détachaient et se répandaient sur le sol.

A Varsovie[1], la météorite à sa première apparition fut remarquée au sud-ouest, près de la Tête d'Andromède. Elle apparaissait comme une étoile de première grandeur, mais son diamètre grandissait à vue d'œil, de manière qu'à sa traversée par la méridienne de Varsovie, le diamètre du globe était environ 15′-20′. Après un parcours de quelques degrés, le globe de feu commença à laisser après lui une traînée de lumière blafarde, dont la plus grande longueur pendant toute la durée du phénomène égalait 9° sur 2° de largeur.

La lumière de ce globe de feu ressemblait, au commencement, à la lumière des étoiles filantes, mais à mesure que le diamètre du globe grandissait, la lumière changeait de couleur, devenait d'abord vert bleuâtre, puis d'un rouge-sang foncé.

L'intensité de cette lumière, un moment après l'apparition du phénomène, surpassait l'éclat de la lune (au premier quart), mais sur la méridienne de Varsovie elle atteignait son maximum et se prolongeait de 3″-4″. Dans ce moment la lumière vert bleuâtre était si éclatante, que les habitants sortaient de leurs maisons et stationnaient dans la rue pleins de frayeur, prenant cette lumière, dont les sinistres reflets illuminaient tout l'horizon de la ville, pour un immense incendie. Cette lumière se faisait remarquer surtout par des oscillations actives, que l'on pourrait attribuer au jaillissement des étincelles s'échappant du globe embrasé.

Le phénomène entier, observé à Varsovie, apparaissait comme un globe de feu volant de la Tête d'Andromède, par Cassiopée, Céphée, le Dragon, jusqu'à la grande Ourse, traînant après lui une queue blanchâtre, arquée, dont la concavité était tournée vers l'horizon.

Ce phénomène a été observé sur un très grand espace, à Dantzig, à Posen, à Cracovie, à Prague, à Vienne en Autriche, dans tout le royaume de Pologne, à Kouwo, à Grodno et même à Dorpat.

Il était difficile de préciser à quelle hauteur se trouvait ce globe brillant, mais d'après diverses observations, la météorite entra dans l'atmosphère terrestre près de la ligne zénithale de la ville de Strykow, sur la ligne joignant les villes de Lowicz et de Zgiery. On peut présumer que le point où la météorite entra dans l'atmosphère se trouvait à la hauteur de 23,5 milles géographiques au-dessus du sol, qu'elle traversa l'espace sous l'angle de 45° avec l'angle de Varsovie et s'éteignit aux

1. *Notice sur la météorite* tombée le 30 janvier 1868 aux environs de la ville de Pultusk, publiée par la Haute École de Varsovie.

environs de la ville de Pultusk, au-dessus du village de Gostkowo, à la hauteur de 2,5 milles géographiques. Son trajet dans l'atmosphère terrestre peut être évalué à 29,6 milles environ et, comme la durée du phénomène était de 4″5, la vitesse de la météorite devait être de 6,6 milles géographiques à la seconde.

La direction du parcours avait fait supposer que les pierres météoriques étaient tombées soit aux environs de la ville de Pleszew (grand-duché de Posen), soit en Silésie, mais ces bruits étaient mal fondés. Trois jours après l'apparition du bolide, des renseignements positifs apprirent à Varsovie que des fragments considérables s'étaient détachés de ce g ebotel se trouvaient répandus sur le sol dans les environs de Pultusk. La Haute École délégua aussitôt M. le professeur Babezynski et M. Deike, adjoint à l'Observatoire astronomique de Varsovie, afin de constater le fait sur les lieux, de ramasser le plus grand nombre possible de fragments de la météorite en question, et enfin d'entendre des habitants des villages environnants toutes les dépositions concernant les circonstances qui accompagnèrent la pluie de météorites.

L'apparition du globe de feu aux environs de Pultusk fut observée à 7 heures du soir. On remarqua d'abord vers le sud-ouest une étoile brillante, semblable à une fusée, se dirigeant vers le nord-est et traînant une queue, composée de petites étincelles. Durant son trajet, le globe de feu semblait s'abaisser et s'agrandir en répandant une lumière bleuâtre. Le bolide parvenu à l'extrémité de sa course répandait une lumière si intense que l'œil n'en pouvait supporter l'éclat. Après la disparition du globe, on vit tomber à terre plusieurs étoiles, les unes rouges, les autres d'un bleu clair, qui s'éteignirent avant de parvenir à l'horizon. A l'endroit où le globe de feu s'éteignit, s'élevait un nuage blanchâtre en forme de zigzag, qui peu à peu fut chassé par le vent de l'ouest.

Les habitants des environs situés entre Pultusk et le côté sud de la rivière Narew entendirent, 20 secondes après l'extinction de la lumière, une explosion forte et prolongée, venant du nuage, et durant cette explosion ils distinguèrent encore deux coups plus forts, tandis que l'explosion se terminait par une série de coups comparables à un feu de file bien nourri ou au roulement prolongé des tambours. Ces bruits, d'intensité différente, durèrent une demi-minute environ. Les habitants, qui pendant la durée du phénomène se trouvaient dans leurs maisons, entendaient encore dans l'intervalle de l'extinction de la lumière et du commencement de la décharge un autre son, qui ressemblait assez au bruit d'un feu de cheminée et, sous l'influence de cette illusion, ils regardaient dans l'intérieur de leurs foyers.

Au même moment les habitants des villages de Rowy et de Rarzdzialy, situés sur les bords de la rivière Narew, entendaient le sifflement des pierres traversant l'atmosphère, le clapotage de l'eau qui coulait sur la glace dans cet endroit et le bruit des pierres frappant la glace de la rivière. Le sifflement aigu et le bruit distinct de corps durs d'un grand poids, frappant le sol, ont été entendus aussi dans les villages de Nowly-Sielee et de Gaskowo. Dans ce dernier, un très grand nombre de personnes entendirent le bruit d'une pierre tombant avec force sur le toit de la maison du fermier et d'autres sur les haies, les arbres, etc. Le lendemain, en effet, on trouva sur ce lieu même plusieurs morceaux de météorites. Le propriétaire du village Nowly-Sielee, informé de la chute de quelques pierres, fit sur-le-champ des recherches dans un endroit qui lui avait été spécialement recom-

mandé, et trouva en effet ensevelie, non loin d'une vaste excavation dans la neige, vers le S.-E., une pierre d'un volume assez considérable, du poids de 4 kilogrammes. Ce morceau, ramassé dix minutes après la chute, était déjà tout à fait refroidi et dans certains endroits une légère couche de neige y adhérait, sans aucune coloration.

La vitesse de la chute n'a pas dû être bien grande, car on n'a remarqué aucune pierre engagée dans le sol légèrement congelé; la glace des fossés et des bords de la rivière n'était pas non plus brisée.

Le nombre des météorites de différentes grandeurs ramassées s'élève à 400 pièces, dont l'une pèse 7 kilogrammes.

Ce nombre ne représente pas toute la quantité de météorites tombées; une grande partie s'est perdue dans les prairies des villages de Sakolow et de Sielee, qui étaient alors couvertes d'eau, une portion notable est tombée aussi dans la rivière de Narew. Les pierres recueillies semblent former le tiers de la météorite entière. Le poids total des morceaux tombés est de 5 à 600 kilogrammes.

CHUTE DE HESSLE (SUÈDE).

Les météorites tombées le 1er janvier 1869, à Hessle, aux environs d'Upsal, et offertes au Muséum par M. le professeur Nordenskiöld, sont remarquables par l'extrême petitesse de quelques-unes d'entre elles[1].

On en a trouvé qui sont de la grosseur d'un pois et moindres encore. Les deux plus petites de celles qui ont été ramassées pèsent 0gr,60 et 0gr,17. Leur découverte témoigne du soin extrême avec lequel elles ont été recherchées.

Chacun de ces petits échantillons n'est pas, comme on pourrait le croire, un fragment produit par le choc sur le sol; il est entièrement enveloppé d'une croûte frittée, et, par conséquent, constitue une météorite *complète*. Ils ne sont donc pas à assimiler aux matières météoriques plus ténues qu'on a recueillies à diverses occasions, sous forme de poussière, et dont le mode de pulvérisation s'est produit dans des conditions spéciales : pour ces très petites météorites de Hessle, elles ont été visiblement concassées, avant de subir la fusion superficielle.

CHUTE DE KERNOUVE (MORBIHAN).

La météorite de Kernouve (Morbihan), dont la masse qui devait peser 80 kilogrammes environ, a dû avoir une forme conique, se serait en tombant enfoncée jusqu'à la profondeur d'un mètre, et aurait été entièrement recouverte par la terre que le choc aurait fait rejaillir. Une jeune fille qui se trouvait à quelques mètres a été effrayée au point d'en tomber malade.

La chute a eu lieu le 22 mai 1869 à 9 heures 45 minutes du soir. Le lendemain, les paysans sont accourus et, à coups de masse, ils ont brisé la météorite

1. *Comptes rendus*, t. LVIII, p. 363.

pour s'emparer des débris qu'ils ont pu détacher. Ils sont restés convaincus qu'ils étaient en possession *de fragments de la lune*.

Quelques jours après on voyait encore les traces de la carbonisation de l'herbe, sur les bords du trou où s'était enfoncée la météorite [1].

CHUTE D'ORVINIO (ROMAGNES).

A cinq heures un quart du matin [2], un quart d'heure avant le lever du soleil, le 31 août 1872, pendant qu'un vent très léger soufflait du nord, par un temps très clair, on a vu venir du côté de la mer, à peu près dans la direction du S.-S.-E. au N.-N.-E., à l'horizon romain, un météore lumineux qui, en entrant sur le continent près du lac Circello, alla s'éteindre avec un horrible fracas près d'Orvinio, sur les confins de la Sabine.

Petit et roussâtre au commencement, il allait en augmentant de volume et d'éclat, laissant derrière lui une traînée, comme un nuage de couleur obscure. Arrivé à un certain point, il s'enflamma vivement, devint grand presque comme la lune, et disparut presque subitement en laissant un nuage allongé qui se contourna promptement à la manière d'un immense serpent. Peu de minutes après, pas moins de 2, ni plus de 4 (suivant les estimations diverses), on entendit une violente détonation, suivie peu après de deux autres, rapprochées et plus petites.

Il résulte des descriptions qui ont été recueillies que la ligne parcourue par le bolide n'a pas été dans un plan vertical au-dessus de Rome, mais inclinée vers le levant. D'après le temps écoulé entre l'inflammation et la détonation, en supposant qu'il ait été en moyenne de trois minutes, la distance du point de l'explosion aurait été de 60 kilomètres. La détonation a fait un bruit sourd, comme celui d'une mine, ou de l'explosion d'une masse enflammée volumineuse, différent du bruit du tonnerre ou du canon, suivi d'un roulement d'autres coups plus petits, comme un feu de mousqueterie.

La hauteur à laquelle *on a commencé à voir* le météore, dit M. le professeur Tacchini, correspondrait à 30° environ, et *certainement* entre 20° et 30°. Par conséquent, en admettant que le bolide fût alors au-dessus de Rome, il en résulterait que sa hauteur en kilomètres aurait été égale à 184 environ; ou bien à 153 kilomètres, en prenant la hauteur moyenne entre 20° et 30°, et pour la vitesse accrue par l'attraction de la masse de la Terre :

$$W = 59{,}539 \text{ mètres.}$$

Cette énorme vitesse de la météorite, au moment de son entrée dans l'atmosphère terrestre, est presque égale à celle des étoiles filantes de la période du mois d'août, laquelle est de 60 kilomètres, avec une élongation de 38° du point de mire.

Le comte de Saint-Robert, en associant les lois et les formules de la balistique à la théorie de M. Schiapparelli, démontre que si un bolide entre dans l'atmosphère

1. *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 1489.
2. Les Mondes. *Recherches physico-astronomiques sur l'uranolithe tombé dans la campagne romaine* le 31 août 1872 par M. P. G. Stanislas Ferrari (Extrait).

avec la vitesse minima de 16 kilomètres par seconde, lorsqu'il arrive à un point où la pression atmosphérique est de 12 millimètres, il a déjà perdu $\frac{10}{11}$ de sa vitesse et $\frac{150}{151}$ de sa force vive. Que si la météorite avait la vitesse maxima de 72 kilomètres, sous la même pression elle aurait perdu $\frac{50}{51}$ de sa vitesse et $\frac{2652}{2653}$ de sa force vive. Il ne faut donc pas être étonné de l'énorme quantité de chaleur que ces corps peuvent développer dans leur chute, et c'est pour cela que la plus grande partie de ces corps, de même que les étoiles filantes, se dissout et se volatilise avant d'arriver sur le sol. La compression n'exercerait qu'un rôle secondaire. Selon le professeur Govi, la météorite doit être comparée à un *briquet à air*, bien plus qu'à un *briquet à pierre*. Il a comparé l'action des météorites à celle du piston dans les briquets pneumatiques, puisque le gaz traversé par la météorite, transmettant le mouvement reçu avec une vitesse incomparablement inférieure à celle du projectile, constitue, pour ainsi dire, sur toute la longueur de la trajectoire, un tube à parois solides dans lequel la météorite s'avance en comprimant l'air qu'elle rencontre. Les résultats obtenus par M. Govi, en prenant pour la résistance de l'air l'expression de M. Didion, ne diffèrent guère de ceux du comte de Saint-Robert.

Appliquant cette fois les formules de M. de Saint-Robert et prenant pour la chaleur spécifique de l'uranolithe, avec Prestwich, la valeur de 0,22 qui ne s'éloigne pas beaucoup de la vérité, il trouve pour l'augmentation de la température en degrés centésimaux la valeur de 19,269,51° centigrades. Il est évident que la millième partie seulement de cette valeur est plus que suffisante pour expliquer les phénomènes de chaleur et de lumière, les explosions et même la dispersion totale de masses énormes.

Arrivé à une certaine proximité de la surface de la Terre, le bolide fit explosion avec un horrible fracas, en se divisant en très petits morceaux. La force des explosions montre bien quelle grande masse devait avoir la météorite, puisque ceux qui ont pu la voir à Ischia, éloignée de 49 kilomètres, ont cependant entendu le bruit, comme l'a attesté M. le professeur S. de Rossi, qui a observé le phénomène dans cette île.

On ne put en recueillir qu'un très petit nombre de fragments ; les plus volumineux ont été achetés par M. le professeur de Rossi : le premier pèse 12,425 grammes, le second 452 ; ils ont été recueillis, l'un près de l'autre, à environ un kilomètre et demi d'Orvinio, avec trois ou quatre autres fragments dont on n'a pas de nouvelles.

CHUTE DE MAEL-PESTIVIEN (CÔTES-DU-NORD).

Le 26 novembre 1874, à 10 heures 30 minutes du matin, un bruit intense, comparable à un fort roulement de tonnerre, qui dura près de deux minutes, se fit entendre aux environs de la commune de Maël-Pestivien (Côtes-du-Nord), et à plus de 10 kilomètres à la ronde.

A peu près au même instant un cultivateur, qui se trouvait près du hameau de Kérilis, appartenant à la commune de Maël-Pestivien, vit la terre rejaillir à 12 mètres environ devant lui et crut que la foudre venait de frapper ce point. Il fut tellement saisi d'effroi, qu'il n'osa retourner sur les lieux avant le lendemain, afin de voir ce que le tonnerre avait pu laisser comme trace de son passage.

Ce paysan trouva, au fond d'une cavité de $0^{m},78$ de profondeur, une pierre d'environ 5 kilogrammes, couverte d'un vernis noirâtre. Il l'emporta, et après qu'il en eut distribué quelques petits fragments à plusieurs personnes, il rencontra heureusement un amateur, M. Robic, desservant de la commune, qui l'acheta et la préserva ainsi de la destruction. Aujourd'hui elle ne pèse plus que 4 kilogrammes 200.

CHUTE DE FEID-CHAIR (ALGÉRIE).

La chute de la météorite de Feid-Chair [1] (province de Constantine) a eu lieu le 16 août 1875, vers midi. On prétend que, 2 heures avant qu'elle se produisît, une sorte de tonnerre sans éclair, avec des roulements sourds, comme ceux provenant du bruit lointain du canon, n'avait cessé de se faire entendre.

Enfin, à la suite d'un bruit violent, tel que celui d'un coup de tonnerre, les indigènes virent une traînée de fumée noirâtre, au milieu de laquelle ils aperçurent aussi une clarté éblouissante qui se dirigeait vers la Terre. Alors un bolide dont la dimension apparente était celle de Vénus ou de Jupiter et dont la vitesse paraissait être de 12 à 19 kilomètres par seconde, parvint jusqu'au sol, et, par la violence du choc, il rebondit à environ 30 mètres plus loin, sur un point où il fit un trou, à peu près semblable à celui que produit un gros projectile lancé par une bouche à feu de fort calibre.

CHUTE DE WARRENTON (MISSOURI).

Le 3 janvier 1877, au coucher du soleil, à 8 kilomètres de Warrenton [2], État de Missouri (latitude, 38°50′; longitude 91°10′), on vit tomber une masse qui s'annonça par un bruit venant du nord-ouest. Cette masse se brisa en un certain nombre de morceaux ; elle devait avoir originairement une forme conique et environ 70 centimètres de longueur ; on suppose qu'elle pesait environ 50 kilogrammes, mais on n'en a guère conservé que 5 ou 7 kilogrammes.

CHUTE DE ROCHESTER (INDIANA).

Le bolide de Rochester (Indiana) [3] apparut le 21 décembre 1876, à 9 heures du soir, et fut d'une magnificence extraordinaire, en passant sur les États de Kansas, Missouri, Illinois, Indiana, Ohio, Pennsylvanie et New-York.

1. *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 70.
2. Lawrence Smith, *Comptes rendus*, t. XXXV, p. 679.
3. Note de M. Smith Lawrence, *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 678.

Le soir du 21 décembre 1876, un météore de dimension et d'éclat innaccoutumés passa au-dessus des États de Kansas, de Missouri, d'Illinois, d'Indiana et d'Ohio.

On le vit d'abord, autant que nous sachions, au-dessus de l'État de Kansas et probablement aussi loin vers l'ouest que le centre de cet État. Il passa bientôt au-dessus et probablement au sud des villes de Topeka et de Leavenworth, étant alors à 60 milles d'altitude. Il traversa le Mississipi entre Hannibal et Keokuk, mais plus près de la première ville. Au-dessus du reste de l'État de Missouri, une ou plusieurs explosions se produisirent, et peu après la traversée du Mississipi le bolide se brisa en plusieurs fragments. La fragmentation se continua durant le trajet au-dessus des États d'Illinois, d'Indiana et d'Ohio. Une forte explosion fut entendue aussi loin à l'est que Concord et Érié.

Le météore concentrait en un large essaim des globes brillants qui se poursuivant l'un l'autre à travers le ciel. Leur nombre est estimé d'une manière approximative à un cent. Cette circonstance a un intérêt spécial au point de vue de l'hypothèse d'une désagrégation violente longtemps continuée.

La région qui avoisine Chicago fut traversée, et quoique les nuages fussent éclairés d'une façon tout à fait remarquable, aucun son ne semble avoir été entendu. D'ailleurs aucun bruit ne fut noté de Saint-Louis. Mais dans la région de l'Illinois central, entre ces deux villes, une terrifiante série d'explosions fut entendue. A Keokuk, on les entendit, mais non ailleurs, d'après les renseignements recueillis. Un roulement fut observé jusqu'à 120 milles vers le sud, à Bloomington. Vers le nordde l'Indiana le passage du corps cosmique fut suivi de fortes explosions.

Une portion de celui-ci poursuivit sa course vers l'État de New-York et sans aucun doute sortit de l'atmosphère. La trajectoire étant sensiblement parallèle à la surface de la Terre et pouvait être facilement redressée. Si le ciel avait été clair dans l'ouest de l'État de New-York, certainement on y aurait vu le bolide.

La trajectoire est demeurée N. 75° E. et était à peu près exactement une ligne droite n'ayant pas moins de 1000 milles de long. La durée du trajet fut estimée de diverses façons, depuis 15 secondes jusqu'à plus de 5 minutes, et on peut croire que personne ne l'a indiqué pendant une portion seulement de sa course.

Le bolide progressait dans l'air dans une orbite différant seulement de 50° environ de celle de la Terre, et quand il fut attiré par notre globe, son mouvement réel fit alors un angle un peu plus petit avec celui de la Terre. Mais la vitesse relative était si faible, probablement à peine de 10 à 15 milles à la seconde, que l'attraction de la Terre changea fortement la direction du météore. Il devait provenir, avant le changement, d'un point voisin et un peu sud de l'écliptique dans la partie orientale et méridionale de la constellation du Capricorne. Là paraît être un point radiant non connu jusqu'ici.

CHUTE DE LA BÉCASSE (INDRE).

Le 31 janvier 1879, vers midi et demi, une météorite tomba dans la commune de Dun-le-Poëlier (Indre), dans la localité dite la Bécasse.

Une détonation formidable, dont on a comparé le bruit à celui d'une décharge d'artillerie ou d'une explosion de mine, et qui a été entendue sur une distance de

plus de 20 kilomètres, fut suivie d'un roulement semblable à celui du tonnerre, qui se répercuta pendant plusieurs minutes et frappa de stupeur les personnes qui l'entendirent. Vers ce moment, un ouvrier qui travaillait dans un champ, ayant vu la terre jaillir sous forme de nombreuses éclaboussures, alla avertir le sieur Auchapt, cultivateur, et l'on retira alors du sol une pierre qui s'y était enfoncée jusqu'à une profondeur de $0^m,30$.

D'après la forme du trou, cette sorte de projectile est arrivée sur le sol à peu près verticalement. Certaines circonstances paraissent indiquer que la trajectoire du bolide était dirigée du sud-est au nord-nord-ouest. Ainsi, lors de la détonation, le bruit a été entendu avec intensité tout près d'Issoudun, c'est-à-dire à 30 kilomètres du point du lieu de la chute, tandis qu'aux abords de ce dernier point le bruit était beaucoup moins fort[1].

La détonation avait été elle-même précédée, dit-on, d'un bruit semblable à celui d'un train de chemin de fer, se mouvant à une certaine distance. On n'a pas remarqué, ou plutôt on n'a pas signalé, dans les récits qui nous sont parvenus, le phénomène lumineux qui a certainement accompagné la chute.

On n'a recueilli qu'une seule météorite.

CHUTE D'ESTHERVILLE (IOWA).

La région où les météorites d'Estherville sont tombées a été visitée par Lawrence Smith[2]. Elle est exactement située sur la frontière commune des États d'Iowa et de Minnesota (par 43°30′ de latitude nord et 94°30′ de longitude ouest). Elle fait partie de ce territoire si remarquable où, dans l'espace d'un seul mois, se sont succédé les trois chutes de Rochester (Indiana), de Cynthiana (Kentucky) et de Warrenton (Missouri).

On a constaté le 10 mai 1879 les phénomènes ordinaires qui accompagnent les chutes météoriques, mais avec une intensité tout à fait exceptionnelle. Le choc des pierres sur le sol fut si fort que deux personnes l'entendirent nettement à 200 et 300 mètres de distance.

Évidemment il s'est produit deux explosions successives. La première eut lieu à une certaine hauteur dans l'atmosphère, d'où résultèrent plusieurs grands fragments trouvés en divers points, sur une surface de 6 kilomètres carrés, le plus volumineux occupant la situation la plus orientale. Une seconde explosion arriva au moment où le bolide allait toucher terre, et c'est d'elle que dérivent les petits éclats trouvés auprès du plus gros bloc.

La plus grosse masse gisait à $2^m,50$ au-dessous de la surface du sol. La seconde grosse masse était entrée à $2^m,50$ de profondeur dans une argile bleue, à 3 kilomètres environ de la première. La troisième ne fut découverte que le 23 février 1880, après plus de neuf mois de séjour dans le sol. Celle-ci est tombée à 6 kilomètres environ de la première. Il y a quelques fragments plus petits, sans doute détachés

1. Le bruit aurait été entendu jusqu'aux environs de Tours, vers l'ouest, et de Saint-Florentin vers l'est, localités distantes l'une de l'autre de plus de 160 kilom.

2. *Comptes rendus*, t. XC, p. 959.

de l'échantillon principal, au voisinage de la surface du sol, car on les a ramassés tout près de lui.

Les blocs recueillis pèsent respectivement 198, 78, 42, 15 kilogrammes, 4^{kil},5, 2^{kil},2 et 1 kilogramme. Un ingénieur des chemins de fer estime à 60 kilomètres la hauteur du bolide quand il apparut et à un nombre un peu moindre son altitude au moment de l'explosion.

Des enfants[1] qui gardaient des bestiaux sur la limite commune du comté d'Emmel et de celui de Dickson, à 8 ou 10 kilomètres au sud-ouest du point où les grosses météorites furent trouvées, assurèrent avoir vu et entendu, immédiatement après le passage du bolide, une grêle de pierres tomber dans l'eau qui submergeait une prairie voisine. On avait oublié ce récit quand, près d'un an après le phénomène, on trouva sur le sol, dénudé par l'incendie de la prairie desséchée, quelques petites météorites. L'attention fut tellement éveillée alors, que plusieurs centaines de personnes, hommes, femmes et enfants, s'appliquèrent à explorer la surface du sol jusqu'à 13 kilomètres de distance. Il résulta de ce travail la découverte de plusieurs milliers de fragments, dont les plus petits sont à peine gros comme un pois, tandis que d'autres, beaucoup plus rares, pèsent jusqu'à 500 grammes. On estime à trois mille au moins le nombre de ces échantillons et leur poids total à 30 kilogrammes. Pour la forme et les dimensions, ils ressemblent beaucoup aux météorites de Pultusk, qui sont cependant un peu plus régulières; mais ils en diffèrent par leur nature essentiellement métallique. Ils consistent en effet en fer nickelé, et les plus grands eux-mêmes ne possèdent que des quantités très faibles de minéraux pierreux. Un fait remarquable est que, malgré leur séjour de près d'un an au sein de l'eau, ils n'ont pas éprouvé le moindre commencement d'oxydation; plusieurs même sont tout à fait brillants et ressemblent à des pépites de platine natif. Peut-être cette préservation est-elle due à l'existence d'un revêtement, d'ailleurs invisible à cause de sa minceur, de silicates en poudres.

Le passage rapide de la météorite à travers l'atmosphère en a désagrégé la surface : la substance pierreuse s'est pulvérisée complètement, tandis que les granules métalliques privés du ciment qui les retenait ensemble sont tombés successivement tout le long de la trajectoire du bolide, c'est-à-dire sur plusieurs kilomètres de distance. Grâce à cet éparpillement, nous pouvons maintenant reconnaître la vraie direction de cette trajectoire, orientée S.-O.-N.-E.

CHUTE D'AFIANELLO.

Le 16 février 1883[1], à 2 h. 45 minutes de l'après-midi, une forte détonation se fit entendre sur beaucoup de points de la province de Brescia et même des provinces voisines de Crémone, de Vérone, de Mantoue, de Plaisance et de Parme. La détonation fut épouvantable dans la commune d'Alfianello, arrondissement de Verolanuova, province de Brescia.

C'était une météorite qui éclatait à quelques centaines de mètres au-dessus d'Alfianello. Un paysan la vit tomber dans la direction de nord-est à sud-ouest, ou plus

1. *Comptes rendus*. t. XC, p. 1431.

exactement de nord-nord-est à sud-sud-ouest, à la distance de 150 mètres environ. Quand la masse tomba à terre, il se produisit, dit-on, sur le sol, par suite de la transmission du choc, un mouvement sussultoire, comme celui d'un tremblement de terre, et qui fut ressenti dans les endroits environnants ; on vit osciller les fils télégraphiques et les carreaux des fenêtres. Un témoin tomba évanoui sur le sol par le double effet de la secousse et de l'épouvante.

Avant que la météorite heurtât le sol, on aperçut comme une commotion dans les nuages légers dont le ciel était couvert, et l'on entendit, aussitôt après, un bruit prolongé, comparable à celui d'un train de chemin de fer marchant rapidement sur les rails.

On ne vit aucune lumière ; mais le bolide a dû être accompagné, comme d'habitude, d'une légère vapeur, produite par la volatilisation de la substance fondue à la surface ; car quelques-uns de ceux qui le virent tomber le comparèrent à une cheminée se précipitant du haut du ciel surmontée de son panache de fumée. La météorite tomba à 300 mètres environ au sud-ouest d'Alfianello, dans un champ de la propriété dite Farsera, appartenant aux frères Bonetta. Elle pénétra dans le sol obliquement, à peu près dans la même direction qu'on l'avait vue s'avancer dans l'air, de l'orient à l'occident, et s'y enfoncer à environ $1^{m},50$. Au-dessus de la météorite s'ouvrait un trou d'environ 1 mètre de profondeur.

Le laboureur cité plus haut et deux autres paysans qui survinrent furent les premiers à toucher la pierre qui venait de tomber, et la trouvèrent encore un peu chaude.

Il convient de remarquer que les faits qui accompagnèrent la chute de la météorite d'Alfianello ont une grande analogie avec ceux qui se produisirent lors de la chute de la météorite tombée en 1856 à Trenzano, dans cette même province de Brescia.

La météorite tomba entière, mais elle fut presque aussitôt réduite en menus morceaux par le fermier de la propriété, et ces morceaux furent dispersés parmi la foule qui s'était pressée sur le lieu de l'événement.

Terminons par l'indication des circonstances dans lesquelles furent faites quelques découvertes de météorites dont la chute n'a pas eu de témoin.

HISTOIRE DE LA DECOUVERTE DU FER DE PALLAS (SIBÉRIE).

Le célèbre fer, dit de Pallas, a été trouvé entre Krasnojarsk et Abekansk, tout à fait à découvert sur de hautes montagnes d'ardoises ; il pesait 700 kilogrammes ; « sa figure était irrégulière et comme un peu comprimée ; elle ressemblait à un granit grossier ; on voyait à l'extérieur une sorte de croûte ferrugineuse, au-dessous de laquelle se trouvait du fer malléable, cassant à chaud, poreux comme une éponge grossière, et dont les cavités étaient remplies d'une substance fragile, dure et vitrifiée, de couleur jaune d'ambre. On retrouvait cette texture et la substance vitrifiée uniformément dans l'épaisseur de la masse, et sans aucune trace de laitier ni de feu artificiel aux environs. »

Telle est la description que donne Chladni, de Vittemberg, du fer, qui avait été recueilli par un Cosaque, et qui donna à Pallas les détails de son gisement : cette masse ne tenait à rien, et on ne remarquait autour d'elle ni roches, ni cailloux. Il assura que quoique passionné pour la chasse et en quelque sorte habitué à mener une vie errante, il n'avait rencontré dans ses courses, ni dans cette montagne, ni dans celles qui sont en face, aucune trace de fondcries ou scories. Il ajouta que le pliant et la blancheur du fer dans la masse, ainsi que le son qu'il rendait par le choc, l'avait porté à croire que c'était un métal plus fin ; ce qui, joint à la croyance que les Tartares avaient que ce bloc était sacré, et sans doute lancé des cieux, l'avait fortifié dans cette idée. Aussi, voyant qu'on n'entreprenait pas d'exploitation dans la place où cette masse était, il avait pris le parti de l'enlever et de la transporter dans son habitation.

Le fer de cette masse météorique est tellement tenace que plusieurs forgerons eurent beaucoup de peine à en détacher, avec des coins d'acier et des marteaux de forge, un fragment qui pesait tout au plus un kilogramme, et que l'on ne parvint qu'une seule fois à en tirer un morceau qui pesait environ un pound (17 kilogr.), lequel fut envoyé à l'Académie impériale de Saint-Pétersbourg.

DÉCOUVERTE DU FER D'ATACAMA (BOLIVIE).

« Ce fer avait été dans le temps apporté du désert en quantité tellement considérable, qu'on prétend que dans le port de Cobija, par où se faisait l'exportation de ce minéral, on en ferrait les mules pour les voyages (Domeyko, *Annales des Mines*, 6e série, t. V, p. 431, 1864).

« La localité d'où viennent ces masses de fer météorique n'est connue que depuis 1859, époque où le docteur Philippi fit son voyage au désert d'Atacama et arriva à l'endroit même où on lui signala le vrai gisement de ce fer. Cet endroit se trouve à une lieue de Imilac (aqueduc de Imilac), presque au centre de la partie la plus aride du désert, à 30 lieues de la côte, 40 lieues de Cobija et 35 lieues de San Pedro d'Atacama. En arrivant à cet endroit, le docteur n'y trouva d'abord que quelques petits morceaux de fer météorique et des trous dans la terre. Il y avait même des trous plus profonds qu'on avait ouverts dans l'espoir de trouver un filon métallifère. Mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que le voyageur y trouva la superficie de la terre parsemée de très petits morceaux de fer dont la plupart n'avaient que 2 grammes et beaucoup d'autres étaient très minces, flexibles, non élastiques, caverneux et ne pesaient chacun que 1 à 2 décigrammes. Des milliers de ces petits morceaux étaient disséminés à la surface sur une étendue d'environ 60 à 80 pas en longueur et de 20 pas en largeur[1].

DÉCOUVERTE DU FER DE RITTERSGRUNN (SAXE).

Chladni (*Feuermeteore*, p. 324 à 326) mentionne une masse de fer avec péridot

1. *Viage al Desierto de Atacama*, por el Doctor R. A. Philippe-Halle en Saponia, 1860, p. 121 (in-4°).

provenant de Saxe et qu'on s'est cru autorisé à rapporter à la météorite de Rittergrunn. En 1751, Lehmann fait une mention analogue et Markgraff parle d'un fer trouvé vers cette époque entre Eibenstoek et Johanngeorgenstadt par un ouvrier de Steinbach. Un deuxième spécimen figure dans la eolleetion de Sehönberg et il figurait dans le Musée de Gotha, où il était étiqueté : « Curieux échantillon de fer qu'on dit avoir été trouvé dans les champs. » Dans la collection de de Drée figurait un fer du Sénégal, dans eelle de de Born un fer de Bohême, dans celle de Streglitz un fer de Norvège, que leurs caractères communs ont eonduit à identifier avec celui de Rittersgrunn, adopté depuis 1861.

C'est dans la même année, au mois d'avril, qu'on trouva à Breitenbach, dans le eercle d'Elbogen en Bohême et à 3 ou 4 lieues seulement de Johanngeorgenstadt, une masse de fer péridotique de 10^{k},500, absolument semblable aux éehantillons de Rittersgrunn et que l'on doit regarder eomme dérivant de la même ehute.

L'éehantillon que Stromeyer analysa fut déerit par lui eomme originaire de Grimma, en Saxe; il provenait de la colleetion du due de Gotha et Stromeyer le considéra comme une portion d'une pierre dont la ehute avait été notée dans un bois près de Naunhof, aux environs de Grimma, vers le milieu du seizième siècle. Mais Chladni prouva que eette supposition était insoutenable, appuyant son opinion sur l'état ineomplet de la météorite eonservée à Gotha à la fois au point de vue de la forme et de la eroûte, tandis qu'il ajoutait que la masse de Naunhof devait avoir été beaucoup trop grosse pour qu'on ait pu la transporter et, en réalité, elle n'a jamais été retrouvée. Il est en tout eas probable que les matériaux sur lesquels Stromeyer a réellement opéré étaient d'une loealité saxonne et un fragment de la ehute à laquelle appartiennent les météorites de Rittersgrunn et de Breitenbach. Breithaupt pense que la ehute en question a dû être le « Eisenregen » qui se produisit en 1164, à Whitsuntide, en Saxe, alors qu'une masse en fer tomba dans la ville d'Eleissen.

DÉCOUVERTE DES FERS DE LA SIERRA DE CHACO (BOLIVIE).

Dans une lettre à M. Domeyko, M. Garcia disait à la date du 17 août 1861 : « On les trouve (les météorites) en très grande abondanee à 10 lieues au sud-est de la mine d'argent de la Isla, près des mines de euivre de Taltal. Le terrain où on les rencontre est une vaste plaine du désert, au milieu de laquelle on voit surgir quelques collines qui ne présentent pas à leur surface de erêtes saillantes ni d'affleurements de filons. C'est sur cette plaine que ferme un des plateaux élevés du Désert qu'on voit un grand nombre de blocs d'aérolithes, disposés sans ordre ni direction déterminée. Les plus gros d'entre eux se trouvent un peu enfoncés dans la terre et on a remarqué que du eôté de l'est, à une eertaine distanee de ces gros morceaux, la surface du terrain présente quelques coneavités vides. »

« Tous les renseignements réunis jusqu'à présent, dit M. Domeyko[1], s'aceordent à établir que les moreeaux d'aérolithes de diverses forme et grandeur qu'on y

1. *Annales des mines*, 2e série, t. V, p. 435 (1864).

voit disséminés sur un espace peu étendu, s'y trouvent en telle abondance qu'on peut en ramasser facilement plus de 20 quintaux. Il doit en être ainsi, ajoute-t-il, puisque les échantillons qui, malgré la distance et les grandes difficultés qu'on éprouve à voyager dans ce grand désert dépourvu d'eau, ont été apportés jusqu'à présent — les échantillons que je possède, que j'ai vus et que je sais au pouvoir des amateurs de collections — ont au moins un quintal métrique de poids et leur nombre est très considérable. »

Les fragments disséminés sur le sol sont en général très fortement oxydés à la surface. « En admettant que la présence de la matière hydroxydée brune soit due à une influence des agents atmosphériques postérieure à la chute de l'aérolithe, il est facile de concevoir que l'action de ces agents ayant dû se propager par des jointures et des filons de séparation dans l'intérieur de la masse, cette même matière hydroxydée sert maintenant à signaler par ses couleurs la véritable *structure de séparation* de la masse entière, structure qui est tout à fait indépendante de celle d'agrégation et de la structure minéralogique des divers éléments qui composent ce corps. Or, en observant bien la distribution des parties ocracées dans l'intérieur de ces fragments, on y découvre des filons de séparation à surfaces courbes, irrégulières, et en frappant fortement avec un marteau sur les gros morceaux rongés par l'hydrate, j'ai réussi à en détacher des noyaux et rognons durs qui avaient des formes tout à fait pareilles à celles des gros blocs d'aérolithes qu'on considère comme aérolithes entiers. Ces rognons ont aussi la même surface, un peu inégale, noirâtre, et les arêtes aussi arrondies que celles des blocs entiers non fracturés, tandis que l'intérieur des cavités que laissent ces rognons est tapissé d'un enduit brun peroxydé. Ce fait donne lieu de supposer que tous ces blocs si nombreux qui se trouvent dispersés à la surface du terrain et qu'on prend pour autant d'aérolithes entiers ne sont que des noyaux d'une seule masse météoritique, laquelle peut-être étant tombée sur un rocher dur voisin de l'endroit, s'est brisée en morceaux de différente dureté et présentait divers degrés de résistance. Cette hypothèse paraît expliquer le gisement des gros blocs à la superficie du terrain sans qu'ils y soient enterrés comme ils auraient dû l'être à cause de leur poids. C'est aussi aux mêmes circonstances qu'on doit peut-être attribuer l'absence de la croûte qu'on a trouvée à la face de presque tous les aérolithes isolés qu'on connaît jusqu'à présent et qui manque à l'aérolithe de la sierra de Chaco. »

DÉCOUVERTE DES FERS DE SAINTE-CATHERINE (BRÉSIL).

Vers la fin de 1875, M. Manoel Gonçalvès da Roza voyageait sur la montagne appelée Morro de Rocio, à 3 kilomètres de Rio San Francisco do Sul, province de Sainte-Catherine, au Brésil. Son attention fut attirée par de gros blocs gisant sur le sol et contrastant absolument avec lui par leur aspect ocracé. Trois de ces fragments, profondément enterrés, faisaient une saillie de 30 centimètres de hauteur, le plus volumineux pesait 2250 kilogrammes. Il suffit d'un simple coup d'œil pour constater que cette substance minérale consistait surtout en fer métallique associé à une forte proportion de nickel, et dans la perspective d'une exploitation évidem-

ment très fructueuse, les recherches furent continuées. Le gros bloc était empâté dans une sorte d'argile très ferrugineuse; en creusant au-dessous de lui on rencontra un autre fragment du poids de 450 kilogrammes. Les choses se présentaient, comme on voit, de façon à faire croire à une vraie mine de fer. 14 blocs furent successivement découverts dans des situations analogues, et le relevé topographique montre dans leur gisement un alignement qu'on pouvait rattacher à la direction d'un filon. Les blocs se montraient à $0^m,40$ de profondeur, sous une couche de fragments de granite à gros grains. Les parties ferrugineuses pauvres en nickel étaient à l'extérieur, de sorte qu'à l'origine ce gisement paraissait s'enrichir avec la profondeur.

Mais toutes ces illusions durent bientôt être abandonnées. Après avoir fourni, d'après M. Guignet, environ 25 000 kilogrammes de fer, la soi-disant mine se trouva complètement épuisée, et d'un autre côté l'examen chimique des échantillons montra leur analogie avec diverses variétés de fer tombées du ciel. Leur orientation indiqua la trajectoire du bolide qui les a apportés. C'est aussi ce qui ressort avant tout de l'intéressant travail communiqué en mars 1876 à l'Académie des Sciences de Rio Janeiro par M. Lunay.

DÉCOUVERTE DES FERS D'AUGUSTA (VIRGINIE).

Vers 1880, L. Smith apprit qu'un bloc de fer, ayant, d'après la description donnée, les caractères des météorites, avait été retourné par la charrue dans le comté d'Augusta, et bientôt après, il acquit un fragment de cette masse, grâce à l'intermédiaire de M. J.-B. Baldwin, de Staunton.

Le bloc pesait $25^{kg},429$.

Quelques mois après, on voyait à Richmond une seconde masse de dimension moindre, pesant $16^{kg},441$. Et plus récemment il en parut une troisième du poids de $1^{kg},644$.

Toutes trois avaient même apparence. Forme très irrégulière; un bout étroit plus volumineux que l'autre. Croûte ocracée assez épaisse.

A l'air, la masse laisse suinter des gouttes d'un liquide où l'on reconnaît la présence de chlorure de fer et de chlorure de nickel.

Les masses étaient magnétiques, et de plus on y constaté avec évidence l'existence de pôles multiples.

Smith a décrit 3 masses. Une quatrième a été depuis révélée dans les circonstances suivantes :

Vers 1858 ou 1859, un nègre nommé Alf, appartenant à M. Robert Van Lear, apporta à Staunton un bloc de fer qu'il avait trouvé et essaya de le vendre, mais personne ne le regarda comme assez sérieux ou assez précieux pour payer le prix demandé, c'est-à-dire un *dollar*.

Cet homme est mort, et l'on ne peut préciser le point où il a trouvé l'échantillon; mais c'est probablement sur les terres de M. Van Lear, et en tout cas dans son voisinage immédiat. N'arrivant pas à vendre la masse, Alf la jeta dans une friche derrière la boutique d'un forgeron. Elle y resta plusieurs années jusqu'à ce qu'on s'en

servit avec d'autres matériaux abandonnés pour construire une clôture de pierre.

En raison de sa forme irrégulière et de son grand poids, elle tomba bientôt du mur et fut alors jetée derrière la maison d'un dentiste. Celui-ci s'en servit quelque temps comme d'une enclume pour marteler des métaux et casser des noix, et plus tard elle entra dans la construction de la margelle d'une citerne.

Là, durant l'été de 1877, elle vint à la connaissance de M. Miller, de Staunton, qui en obtint possession, la retira du mur, et vers la fin de l'année la fit entrer dans une collection géologique destinée à l'université de Virginie.

CATALOGUE DES CHUTES DE MÉTÉORITES.

Les météorites dont la date de chute est connue ne forment évidemment qu'une petite fraction du nombre total de ces corps qui sont tombés à la surface de notre planète.

Il y a néanmoins utilité à les enregistrer avec soin, c'est-à-dire à en composer un catalogue. C'est ce qu'a fait déjà à la fin du dix-huitième siècle l'illustre chimiste Howard, et c'est ce qu'ont fait successivement après lui, Chladni, Bigot de Morogues, Hoff, Kœmtz, Quetelet, Biot, Boisse, Abel Rémusat, Arago, MM. Greg, Kesselmeyer, etc.

Il nous paraît indispensable de compléter par un catalogue du même genre les notions générales qui viennent d'être exposées.

§ 1. *Chutes de météorites avant notre ère*[1].

? 1478. Il tombe en Crète la pierre de foudre citée par Malchus et qui est probablement celle qui fut regardée comme le symbole de Cybèle (*Chronique de Paros*, lignes 18 et 19).

1460. « Dieu envoya de grandes pierres du ciel. » (Conrad Lycosthène, *Prodigiorum ac ostentorum chronica*).

1451. Pluie de pierres qui détruisent les ennemis de Josué à Beht Oron (*Josué*, chap. X, II).

1200. Pierres conservées à Orchomène (d'après Pausanias).

? 1168. Une masse de fer sur le mont Ida (*Chronique de Paros*, ligne 22).

? 705 ou 704. L'ancyle, probablement une masse de fer (d'après Plutarque).

654. Pluie de pierres sur le mont Albain (*Tite-Live*, I, 31).

644. (Au printemps.) Cinq pierres dans le pays de Song en Chine (De Guignes, *Voyage à Pékin*).

1. Un point de doute (?) précède les indications qui ne sont point absolument certaines.

570 ou 520. Pierres en Crète (Greg : *An essay on meteorites*).
467. Pierres en Thrace (Boisse).
466. Pierre à Ægos Potamos, Thrace (Pline).
466. Une pierre près de Thèbes (*Scholiaste* de Pindare).
459. Il pleut des pierres dans le Picenum, marche d'Ancône (d'après Lycosthène).
403. Chute d'une pierre (d'après Lycosthène).
343. Pluie de pierres à Rome (d'après Julius Obsequens).
211. Chute de pierre en Chine (*Histoire générale de la Chine*).
206 à 205. Pierres ignées (Plutarque, *Fabr. Max.*, C. 2).
200. Il pleut des pierres (d'après Lycosthène).
192. Des chutes de pierres en Chine (De Guignes).
176. Une pierre dans le lac de Mars (Tite-Live, XLI, 9).
99 ou 89. *Lateribus coctis pluit* (Pline).
89. Deux pierres à Young en Chine (De Guignes).
54. Fer spongieux en Lucanie (Pline).
? 46. Pierres à Acilla, en Afrique (d'après César).
38. Six pierres à Leang en Chine (De Guignes).
29. Quatre pierres à Pô et deux dans le territoire de Tsching-Ting-Fou en Chine (le même).
22. Huit pierres en Chine (*Id.*).
19. Trois pierres en Chine (*Id.*).
15. Pluie de pierres en Chine (*Id.*).
12. Pierre à TouKouan (*Id.*).
9. Deux pierres en Chine (*Id.*).
6. Chute de seize pierres à Ning-Tscheou et deux pierres à You (*Id.*).

§ 2. *Chutes de météorites depuis le commencement de notre ère.*

2, 106, 164, 310, 333. Pierres en Chine (Abel Rémusat, *Journal de Physique*, mai 1819).
? Pierres dans le pays des Vocontiens (Pline, II, 59, 3).
452. Trois grandes pierres en Thrace (d'après Cedrenus et Amm. Marcellinus).
VIe siècle. Pierre sur le mont Liban et près d'Emes en Syrie (d'après Damascius).
? 570. Pierres près de Bender en Arabie (le Coran, VIII, 16 ; CV, 3 et 4).
616. Pierres en Chine (A. Rémusat).
? 648. Une pierre ignée à Constantinople (quelques chroniques).
823. Chute de pierres à Frihsazi, en Saxe (*Annales Fuldenses*. Peut-être en 886).
? 857. On assure que de grandes pierres sont tombées du ciel mêlées de grêle (d'après Lycosthène).
839. Pierres dans le Japon (A. Rémusat).
897. Chute de pierres à Ahmen-dah, près de Koufah, en Syrie (Quatremère).
921. De grandes pierres à Narni (Chronique manuscrite du moine bénédictin de Saint-Andrea, qui se trouve dans la bibliothèque du prince Chigi à Rome).
925. Pierres en Chine (Greg).
951. Une pierre à Augsbourg (Alb. Stadius).

956. « Une pierre d'une grosseur extraordinaire a été lancée du ciel » (Lycosthène).

963. « Une grande pierre est encore tombée du ciel. » (Le même.)

965 à 971. Sous le pape Jean XIII, une pierre en Italie (Platina).

998. Pierres à Magdebourg (*Cosmos* et Spangenberg).

1009. Un peu de temps après, masse de fer dans le Djordan (Avicenne).

1021. Entre le 24 juillet et le 21 août, pierres en Afrique (De Sacy).

? 1057. « Des pierres d'une grosseur étonnante tombent avec de la grêle » (Dom Bouquet, t. XI, p. 22).

1057. Une pierre en Corée (A. Rémusat).

1071. Boules de terre tombées dans l'Irak (Quatremère).

1093, 4 avril. « On vit, au lever de l'aurore, un grand nombre d'étoiles tomber du ciel sur la terre et même une d'entre elles fut trouvée sur le sol. » (Chasle.)

1112. Pierre en fer près d'Aquileja (Valsasor).

1135 à 1136. Une pierre à Oldisleben (Spangenberg).

1164. A la fête de Pentecôte, pluie de fer en Misnie (Falsicius).

1186, 8 juillet. Chute de pierres à Mons (*Mémoires de l'Académie de Bruxelles*, t. VII).

? 1194. Des pierres tombent du ciel avec la pluie (Lycosthène).

? 1197. Des pierres tombent du ciel avec la pluie (le même).

1198, 8 juin. Chute de pierres aux environs de Chelles près Paris (Sauval).

1198. Vers le 24 juin, des pierres d'une grosseur étonnante tombèrent du ciel (Lycosthène).

1198, juillet. On vit tomber du ciel des pierres grosses comme de fortes noix, comme des œufs en certains lieux et, assure-t-on, plus grosses encore (*Recueil des historiens des Gaules*).

1249, 26 juillet. Pierres à Quedlinbourg (Spangenberg et Rivander).

? XIII[e] siècle. Une pierre à Wurtzbourg (G. Schott).

1251 à 1363. Pierres à Veliki-Oustioug, Russie (*Gilbert*'s *Annalen*, t. XXXV).

? 1280. Une pierre à Alexandrie, en Égypte (De Sacy).

1300, environ. De grandes pierres en Aragon (d'après une chronique manuscrite conservée dans le Musée national de Pesth, en Hongrie).

1304, 1[er] octobre. Pierres à Friedland ou Friedberg (Kranz et Spangenberg).

1305. Pierres chez les Vandales (Greg).

1328, 9 janvier. Chute de pierres dans le Mortahiah et le Dakhahiah (Quatremère).

1358. Une pierre en Chine (Édouard Biot).

? 1368. Masse de fer dans le pays d'Oldenbourg (S. Meyer).

1379, 26 mai. Une pierre à Minden, Hanovre (Lerbecius).

1421. Une pierre à Java (sir Thomas Stansford Ruffles, vol. II, p. 137).

1438. Pierres spongieuses à Roa, près de Burgos, en Espagne (Proust).

1438. Pierre tombée près de Lucerne (Cysat).

1440. Masse de fer dans le Piémont (Mercati et Scaliger).

1474. Deux grandes pierres près de Viterbe (*Bibliotheca italiana*, t. XIX), p. 461).

1480. Pierres en Saxe et en Bohême (Greg.).

1491, 22 mars. Pierres près Crema (Simoneta).

1492, 7 novembre. Énorme pierre à Ensisheim, Alsace (Vauquelin et Fourcroy). C'est la plus ancienne des pierres conservées dans les collections. Le Muséum en possède un bloc pesant 9k,074 qui lui a été donné par Fourcroy.

1496, 26 ou 28 janvier. Pierres à Cesena, près de Rome (Buriel et Sabellicus).

1510. Pierres à Padoue (Greg).

1511, vers le milieu de septembre. Grande chute de pierres à Crema et sur les bords de l'Adda (Giovanni del Prato).

1516. Deux pierres en Chine (A. Rémusat).

1520. En mai. Pierres en Aragon (Diego de Sayas).

? 1528. De grandes pierres à Augsbourg (Dresser *Chronique saxonne*).

? 1540, 28 avril. Pierres dans le Limousin (Bonaventure de Saint-Amable).

1540, 14 juin. Quatorze pierres en Chine (Ed. Biot).

1540 à 1550. Masse de fer dans la forêt de Neuhof (*Chronique des mines de Misnie*).

1552, 19 mai. Pierres en Thuringe, aux environs de Schleusingen (Spangenberg).

1559. Cinq pierres à Miskoclz en Hongrie (Istuanfi, *Historia Hungaria*).

1561, 17 mai. A Torgan et Eilenburg, en Prusse (Boetius de Boot).

1564, 1er mars. Pluie de pierres entre Malines et Bruxelles (*Gilbert*'s *Annalen*).

1565, 3 juillet. Pierres noires en Chine (E. Biot).

1580, 27 mai. Pierre à Gœttingue (Bauge).

1581, 26 juillet. Pierre en Thuringe (Buchard et Olearius).

1583, 9 janvier. Une grosse pierre à Castrovillari, en Calabre (Mercati et Imperati).

1583, janvier. Une pierre du poids de 30 livres, semblable à du fer tomba à Rose, en Livadie (Howard, *Tilloch's Magazine*, t. XIII).

1583, 2 mars. Une pierre en Piémont (Mercati).

1585. Chute de pierre en Italie (Imperati).

1594, 9 juin. Chute de grandes pierres à Kunersdorf (Angelus).

1596, 1er mars, Pierre à Crevalcuore (Mittarelli).

1603. Une pierre dans le royaume de Valence (Casius et les Jésuites de Coïmbre).

1618, en août. Grande chute de pierres à Murakoz en Styrie (Hammer, *Mines de l'Orient*).

1618, 12 novembre. Une pierre en Chine (Ed. Biot).

1618. Masse métallique en Bohême (Kronland).

1620, 17 avril. Masse de fer près de Lahore (D'Gchan Guir).

1622, 10 janvier. Pierre en Devonshire (Rumph).

1628, 9 avril. Plusieurs pierres, dont une de 24 livres près de Hatford en Berkshire (*Gentleman's Magazine*).

1634, 27 octobre. Pierres en Charollais (Morinus).

1635, 21 juin. A Vago en Italie (Francesco Carli).

? 1635, 7 juillet. Pierre à Calce (Vallisneri, *Opere*, t. VI, p. 64).

1636, 6 mars. Une pierre entre Sagan et Dubron, en Silésie (Lucas, *Ichleusisches Chronik*, p. 2228).

1637, 27 novembre. En Provence, sur le mont Vaisien (Gassendi).

1642, 4 août. En Suffolk, une pierre pesant 4 livres (Howard, *Philosophical transactions*).

? 1643 ou 1644. Pierres en mer (Wurfbain).

1647, 18 février. Une pierre près de Zwickau, en Saxe (Schmid).

1647, en août. Pierre à Stolzenau, en Westphalie (*Gilbert's Annalen*, t. XIX, p. 2).

1647 à 1654. Une masse en mer qui tua deux hommes (Wilmann).

1650, 6 août. Une pierre à Dordrecht (Sanguerd, *Exercices physiques*, p. 188).

1652. Fer d'environ 5 livres dans le Mogol, près d'un village du Purgunale de Jalindher (D'Gehan Guir). C'est avec ce fer qu'il fit forger un couteau, un poignard et deux sabres.

1654, 30 mars. Pierre dans l'île de Fune, en Danemark (Thomas Bertholin, p. 337).

1654. Une grande pierre à Varsovie (Petrus Borellus).

? Une petite pierre qui tua un Franciscain à Milan (*Museum septalianum*. D'après M. Greg, cette chute est de 1760).

? 1667. Pierres à Chiraz, en Perse (Gasophy Lucium, *Linguæ persarum*).

1668, 19 ou 21 juin. Grande chute de pierres à Vérone, en Italie (Vallisneri, *Opere*, t. II, p. 64 et 66). La collection du Muséum en possède un petit échantillon).

1671, 27 février. Pierres en Souabe (*Gilbert's Annalen*, t. XLIII).

1673. Pierre à Dietting, en Bavière (*Mémoires de la Société Fiorentino*, 1747).

1674, 6 octobre. Pierres près de Glaris, en Suisse (Scheuchzer).

? 1975 à 1677. Pierres près de Copinsha, îles Orcades (Wallace : *Account of Orkney* et *Gentleman's Magazine*, juillet 1806).

1677, 28 mai. Pierres à Ermendorf, en Saxe (*Micellanea naturæ curiosorum*, 1697, Appendice).

1680, 18 mai. Pierres près de Londres (King).

1683. 12 janvier. Pierre en Calabre (Greg). Peut-être est-ce la même chute qui est indiquée en janvier 1583. Voy. plus haut.

1683, 3 mars. Pierres en Piémont (Greg). Même observation.

1690, 2 janvier. Pierres à Iéna (Kœnitz).

1692. Pierre à Temesvar, en Hongrie (Greg).

1697, 13 janvier. Pierres près de Sienne (Soldani).

1698, 19 mai. Pierre à Waltring, canton de Berne (Scheuchzer).

1700, en automne. Pierres à la Jamaïque (Greg).

1704, 25 décembre. Pierres à Barcelone, en Espagne (Kaemzt).

1706, 7 juin. Chute à Larisse, en Thessalie, d'une masse de fer spongieux du poids de 72 livres (Paul Lucas, *Voyages*, t. I).

1715. 11 avril. Pierres près de Garz, en Poméranie (*Gilbert's Annalen*, t. LXXI, p. 213).

1722. 5 juin. Pierres près de Schefftlar, en Freisinge (Meichelbeck).

1723. 22 juin. Chute de 33 pierres à Plescowitz en Bohême (*Poggendorf's Annalen*, t. CXVI, p. 640, et Ross, *Collection de Breslau*, t. XXXI, p. 44).

1725. 3 juillet. Chute d'une pierre dans le Northamptonshire en Angleterre (Greg).

1727. Pierre à Lileschetz en Bohême (Greg).

1731. 12 mars. Chute d'une grosse pierre à Halstead, dans le comté d'Essex en Angleterre (Kaemtz).

1738. 18 octobre. Pluie de pierres près de Carpentras (Castillon).

1740. 25 octobre. Pierre à Rasgrad en Hongrie (*Gilbert's Annalen*, t. L).

1740 ou 1741. En hiver. Grande pierre au Groënland (Egède).

1743. Pierres à Liboschitz en Bohême (Stepling). C'est peut-être la chute déjà indiquée en 1727, sous un nom un peu différent.

1744. 10 décembre. Pierre à Hizen, au Japon (Asiatic soc. Jap. Tokiyo, 9 février, 1882.

1750. 1er octobre. Pierre à Nicor, près de Coutances (Huard et Lalande, *Journal de Physique*).

1751. 26 mai. Deux masses de fer à Hraschina, près d'Agram en Croatie (Klaproth ; — Stutz, *Journal de Bergbankunde*, t. I).

1751. Pierre près de Constance en Allemagne (*Mercure*, janvier 1751).

1755. Janvier. Pierre près d'Eichtädt en Allemagne (Chladni, *Mémoire sur l'origine des masses de fer natif*).

1753. 3 juillet. Pierres à Plan, près le Mont Thabor en Bohême (Stepling et Mayer. — *Philosophical transactions* de 1802, — de Born, *Index fossilium*, t. I, p. 125.

1753. En septembre. Pierres à Luponnas, Pont-de-Vesle, Ain. (Lalande dans le *Journal de physique*, t. LV, p. 451. — *Gilbert's Annalen*, t. XIII, p. 343).

1755. En juillet, Pierres en Calabre (Howard, *Tilloch's Magazine*).

? 1759. 13 juin. Chute d'une pierre à Captieux, près Bazas, Gironde.

1761. Pierre à Chamblay en Bourgogne (*Mémoires de l'Académie de Dijon*, t. I).

1766. En juillet. Pierre à Alboreto, près Modène (Troïli et Vassali, *Lettere physico-meteorologische*).

? 1766. 15 août. Pierre à Novellara (Troïli. — C'est peut-être simplement, suivant la remarque de Chladni, une pierre fondue par la foudre).

1768. 13 septembre. Pierre à Lucé, Sarthe (*Mémoires de l'Académie des sciences* pour 1769).

1768. 20 novembre. Pierre à Mauerkirchen, en Autriche (*Gilbert's Annalen*), t. XV, p. 316).

1768. Une pierre à Aires, en Artois (*Mémoires de l'Académie des sciences* pour 1769).

1768. Une pierre à Coutances en Normandie.

1773. 17 novembre. Pierre à Sena en Aragon (Proust, *Journal de physique*, t. LX, p. 185.

1775. 19 septembre. Pierres près de Rodach en Cobourg (*Gilbert's Annalen*, t. XXIII, p. 1).

1775 ou 1776. Pierres à Obruteza en Volhynie (*Gilbert's Annalen*, t. XXXI).

1776 ou 1777. En janvier ou février. Grande chute de pierres près de Fabriano, ancien duché de Camerino (Soldani et Amoretti).

1779. Pierres à Pettis Wood, en Irlande (*Gentleman's Magazine*).

1780. 1er avril. Chute de pierres près de Beeston en Angleterre (*Lloyd's Evening Post*).

1780 environ. Des masses de fer dans le territoire de Kinsdale, Connecticut aux États-Unis (*Quarterly Review*, avril 1824).

1780. Fer dans le Lahore (Greg).

1782. Pierres près de Turin (Tata et Amoretti).

1785. 19 février. Pierres à Eichstædt (Pictet et Stutz).

1787. 1er octobre. Dans la province de Charkow, en Russie (*Gilbert's Annalen*, t. XXXI, p. 521).

1788. 15 juillet. Plusieurs pierres en France (King).

1790, 24 juillet. Chute d'un grand nombre de pierres à Barbotan, près de Roquefort, dans les Landes de Bordeaux et à Julliac, Lot-et-Garonne (Vauquelin, *Annales de Chimie*, t. XLV).

1791. 17 mai. Pierres à Castel Berandega (Soldani).

1791. 20 octobre. Pierres à Menabilly, en Cornwall (King).

1794. 16 juin. Pierres aux environs de Sienne en Toscane (*Gilbert's Annalen*, t. VI, p. 46).

1795. 13 avril. Chute d'une pierre à Ceylan (Le Beck).

1795. 13 décembre. Grosse pierre à Wold Cottage en Yorkshire (Howard, (*Gilbert's Annalen*, t. XV, p. 318).

1796. 4 janvier. Chute de pierres à Belaja-Zerkwa, en Russie (*Gilbert's Annalen*, t. XXXV, p. 307).

1796. 19 février. Chute d'une pierre à Friexo en Portugal (Sage, *Journal de physique*, année 1803, p. 314).

1796. 8 mars. Chute d'une masse gélatineuse en Lusace, Saxe.

1798. 8 ou 12 mars. Pierres à Salles, près de Villefranche, Rhône (De Drée).

1798. 19 décembre. Pierre à Krakhut, près de Bénarès, dans l'Inde (Howard et lord Valentia; *Gilbert*'s *Annalen*, t. XIII, p. 291).

1799. 5 avril. Pierre à Baton Rouge, Mississipi (Greg).

1800. 1er avril. Chute de pierre à Bumstead, dans le comté d'Essex (Kaemtz).

1801. Chute d'une pierre dans l'île des Tonneliers (Bory de Saint-Vincent).

1802. En septembre. Pierre en Écosse (*Mounthly Magazine*, octobre 1802).

1803. 26 avril. Pierres aux environs de l'Aigle, Orne (Biot, *Mélanges scientifiques et littéraires*, t. I, p. 15).

1803. 4 juillet. Chute d'une pierre à East Norton, en An gleterre (*Philosophica Magazine*).

1803. 8 octobre. Une pierre à Saurette, près d'Apt, Vaucluse (*Gilbert's Annalen*, t. XVI, p. 72).

1803. 13 décembre. Chute d'une pierre à Mässing, près de Eggenfeld en Bavière (Imhof, *Gilbert's Annalen*, t. XVIII, p. 330).

1804. 5 avril. Une pierre à High-Possil, près de Glasgow, Écosse (*Philosophical Magazine*).

1804. 24 novembre. Pierre à Hacienda de Bocas, San Luis, Mexique (*Poggendorf's Annalen*, t. CXXIX, p. 350).

1804 à 1807. Pierre à Dordrecht (Van Beek Calkoen).

1805. 25 mars. Pierres à Doroninsk en Sibérie. (*Gilbert's Annalen*, t. XXIX, p. 212 et XXXI, p. 308).

1805. En juin. Chute d'une pierre à Constantinople (Haïr Kougas Ingizian, et *Gilbert's Annalen*, t. LXXI, p. 361).

1805. Chute à Asco en Corse (*Poggendorf's Annalen*, t. XI, p. 441).

1806. 15 mars. Chute de deux météorites charbonneuses aux environs d'Alais, Gard (Pagès et d'Homers Firmas, *Journal de physique*, t. LXII, p. 440).

1806. 17 mai. Pierre en Hampshire (*Mounthly Magazine*).

1807. 13 mars. Pierres près de Timoschin, Smolensk (*Gilbert's Annals*, t. XXIX, p. 213).

1807. 14 décembre. Pierre près de Weston, Connecticut, États-Unis (*Silliman's American Journal of science and art*, 2e série, t. VI, p. 410).

1808. 19 avril. Chute de pierre à Borgo San Donino, près de Parme (Guidoti et Spagnoni, *Gilbert's Annals*, t. XXIX, p. 210).

1808. 22 mai. Chute de pierres près de Stannern, en Moravie (Klaproth, *Beytrage*, t. V, p. 257).

1808. 3 septembre. Chute de pierre à Lissa, près de Prague, en Bohême Schreibes, *Gilbert's Annalen*, t. XXX, p. 358).

1808. Pierre à Moradabad, Inde (*Poggendorf's Annalen*, t. XXIV, p. 223).

? 1809. 17 juin. Pierres en mer près de l'Amérique septentrionale, par 30°,58′ lat. N. et 70°25′ long. O (*Bibliothèque britannique*).

1809. Pierre à Kikina, gouvernement de Smolensk (*Erman Archiv.*, t. V, p. 177).

1810. 30 janvier. Pierre à Caswell, États-Unis (*Philosophical Magazine* et *Gilbert's Annalen*, t. XLI, p. 449).

1810. Nuit du 20 au 21 avril. Énorme masse de fer à Santa Rosa, Nouvelle Grenade (M. Boussingault, *Annales de Chimie*).

1810. En juillet. Une grande pierre à Shabad, Inde (*Philosophical Magazine*, t. XXXVII).

1810. En août. Une pierre dans le comté de Tipperary en Irlande (William Huggins, *Gilbert's Annalen*, t. LX, p. 236).

1810. Septembre. Pierre à Chartres, Eure-et-Loir (Catalogue du Muséum).

1810. 23 novembre. Pierre à Charsonville, près d'Orléans (Bigot de Morogues).

1811. 13 mars. Une pierre dans la province de Pultawa, en Russie (*Gilbert's Annalen*, t. XXXVIII, et *Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. XI).

1811. 8 juillet. Pierres à Berlanguillas, entre Aranda et Roa, en Espagne *Gilbert's Annalen*, t. XL, p. 116).

1811. 23 novembre. Fer à Panganoor, Inde (Greg et *Journal asiatique*, t. XIII, p. 885).

1812. 10 avril. Chute abondante de petites pierres près de Toulouse (de Puymaurin).

1812. 15 avril. Une grosse pierre à Erxleben, duché de Brunswick (*Gilbert's Annalen*, t. XL et XLI).

1812. 5 août. Grosse pierre à Chantonnay, Vendée (Brochant).

1813. 14 mars. Pierres à Cutro, en Calabre (*Bibliothèque britannique*).

1813. 10 septembre. Pierres près de Limerick, en Irlande (*Philosophical Magazine*).

1813. 13 décembre. Pierres aux environs de Luotalax et de Vawistapal, non loin de Wiborg, en Finlande (Nordenskiöld, *Annales de Chimie*, t. XXV, p. 78).

? 1813. Grand nombre de pierres à Malpas, près de Chester en Angleterre (*Annalen of philosophy*, novembre 1813).

1814. 3 février. Pierre près de Baehmuth, Ekaterinoslaw, en Russie (*Gilbert's Annalen*, t. L).

1814. Dans le milieu de mars. Chute de pierres à Sawotaipola en Finlande (Kaemtz).

1814. 5 septembre. Nombreuses pierres près d'Agen, Lot-et-Garonne (*Annales de chimie*, t. XCII).

1814. Chute à Saros, en Hongrie (Greg).

1814. 5 novembre. Pierres dans le Doab, Inde (*Philosophical Magazine*).

1815. 18 février. Pierre à Doralla-Patyala-Raja, Inde (*Gilbert's Annalen*, t. LXVIII, p. 333).

1815. 3 octobre. Pierre à Chassigny, Haute-Marne (*Annales des mines*, t. I, p. 489).

1816. Pierre à Glassonbury en Somersetshire (*Philosophical Magazine*).

1816. Pierre à Confolens, Aude (*France pittoresque*, t. I).

1816. Chute près de Nagy-Banya en Hongrie (Greg).

? 1817. Entre le 2 et le 3 mars. Probablement des masses tombées dans la Baltique, non loin d'Odensée (journaux danois).

? 1818. 15 janvier. Une grande masse paraît être tombée à Limoges (*Gazette de France* du 25 février 1818).

1818. 30 mars. Pierre près de Zaborzyea en Volhynie (Laugier, *Annales du Muséum*, 17e année, 2e cahier).

1818. 18 juin. Pierres à Serres en Macédoine (Berzelius, *Poggendorf's Annalen*, t. XVI, p. 618).

1818. 10 août. Pierre tombée à Slobodka, Smolensk, Russie (*Gilbert's Annalen*, t. LX, p. 254).

1818. 6 septembre. Pierre à Kilkel en Prusse (Kaemtz).

1819. 13 juin. Pierres tombées à Jonzae, Charente-Inférieure.

1819. 13 octobre. Pierres à Politz, Gera, Reuss, Allemagne (*Gilbert's Annalen*, t. LXIII).

1820. Entre le 21 et le 22 mai. Pierres à Ædenburg en Hongrie (*Hesperus*, t. XXVII, cahier 3).

1820. 12 juillet. Pierres aux environs de Lixna, près de Witepsk en Russie (Théodore Grothus, *Gilbert's Annalen*, t. LXVII).

1820. 13 octobre. Pierre à Kostritz en Russie (Boisse).

1820. 29 novembre. Chute de pierres aux environs de Cosenza en Calabre (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XI, p. 357).

1821. 15 juin. Pierre près de Juvinas, Ardèche (*Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XVII).

1822. 3 juin. Météorite à Angers, Maine-et-Loire (*Annales de chimie et de physique*, 2e série, t. XX, p. 89).

1822. 10 septembre. Pierre près de Carlstadt en Suède.

1822. 13 septembre. Pierre près de la Baffe à 2 lieues d'Épinal, Vosges (*Annales, de chimie et de physique*, 2e série, t. XXI, p. 17).

1822. 30 novembre. Pierres à Futtehpore, Inde (Kaemtz et *Wien Akademie Bericht*, t. XLI, p. 747).

1882. Pierre à Umballa, Inde (Catal. du British Museum).

1823. 7 août. Pierres près de Nobleborough, Maine, États-Unis (*Sillimann's American Journal*, t. VII, p. 407).

1823. Pierre à Kursk en Russie (Buchner, 2e appendice aux *Meteoriten in Sammlungen*).

1824. 13 ou 15 janvier. Beaucoup de pierres près de Renazzo, sur le territoire de Bologne (*Diario di Roma* et *Annales de Chimie*, t. XXIV, p. 132).

1824. 18 février. Pierre à Zebrak en Bohême (*Poggendorf's Annalen*, t. VI, p. 28).

1824. Une pierre à Irkoutsk, en Sibérie (Greg et *Poggendorf's Annalen*, t. XXIV, p. 224).

1825. 16 janvier. Pierre à Malwate, Inde (*Journal asiatique*, 1825, p. 486).

1825. 10 février. Pierre à Nanjemoy, Maryland, États-Unis (*Annales de chimie*, t. XXX, p. 422).

? 1825. 12 mai. Masse de fer à Bayden, dans le Wiltshire en Angleterre.

1825. 14 septembre. Chute de pierres à Honolulu, Owahii, îles Sandwich (*Poggendorf's Annalen*, t. XVIII, p. 184).

1825. Pierre à Ekaterinoslaw, Russie.

1826. 15 mars. Chute de pierres près de Lugano.

1826. 19 mai. Pierres près de Paulowgrad, Ekaterinoslaw, Russie.

? 1826. En août. Pierre qui serait tombée pendant un orage sur le mont Galapian, Lot-et-Garonne.

1826. Pierre à Castres, Tarn (*Annales de chimie et de physique*, t. XXXIII, p. 87).

1827. 27 février. Pierres près de Mhow, Ghazecpore, Inde (*Poggendorf's Annalen*, t. XXIV, p. 226).

1827. 9 mai. Pierres à Drake Creek, Tennessee (*Silliman's American Journal*, t. XVII, p. 326).

? 1827. Août. Très grosse pierre dans la province de Kulo-Schu en Chine.

1827. 5 ou 8 octobre. Pierre près de Bialystock en Russie (*Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. VI).

1828. 4 juin. Pierres près de Richmond, Virginie, États-Unis (Shepord, dans *Silliman's American Journal*, t. XV, XVI, etc.).

1829. 8 mai. Pierres près de Forsyth, Géorgie, États-Unis (*Silliman's American Journal*, t. XVIII, p. 388).

1829. 15 août. Pierre près de Deal, New-Jersey, États-Unis (*Poggendorf's Annalen*, t. XXIV, p. 228).

1829. 9 septembre. Pierre à Krasnoï-Ugol dans le Kazan (Erman, *Archiv.*, t. V, p. 228).

1829. 19 novembre. Pierre à Prague en Bohême.

1830. 15 février. Une pierre à Launton, Oxford, Angleterre (Greg).

1830, 17 mai. Pierre à Perth, Écosse.

1831. 13 mai. Pierre à Vouillé, Vienne (*Annales de chimie*, 1831, p. 442).

1831. 9 septembre. Pierres à Wessely en Moravie (*Poggendorf's Annalen*, t. CVII, p. 359).

1831. Décembre. Pierres en Moravie (Pleininger).

1832 ou 1833. Pierre à Umballa, Inde (Buchner).

1833. 11 avril. Pierre à Curvelho, Brésil (*Bulletin de l'Académie de Bruxelles*, t. VIII).

1833. 16 juillet. Pierres à Nachratschinsk, gouvernement de Tobolsk en Sibérie.

1833. 25 novembre. Chute de pierres près de Blansko, en Moravie (*Poggendorf's Annalen*, t. XXIII et XXIV).

1833. 28 décembre. Une pierre à Okanikak en Russie (Greg).

1834. Avril. Pierres à Kandahar en Afghanistan.

1834. 12 juin. Pierre à Charwallas Inde, (*Silliman's American Journal*, t. XI).

1834. 29 novembre. Pluie de pierres à Raffaten, frontière de la Hongrie et de la Valachie (Greg).

1835. 31 janvier. Pierres à Mascombes, Corrèze (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LVIII).

1835. 1er août. Fer à Charlotte, Dickson, Tennessee.

?1835. 13 novembre. Chute à Simonod, Ain.

1835. 13 novembre. Pierre à Cirencester en Angleterre (*Report of the British Association*, 1857, p. 140).

1836. 11 décembre. Pierres à Macao au Brésil (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. V, p. 211).

1836. Pierre à Platen-See, Hongrie (Greg).

1837. 15 avril. Pierre à Surepœnce-Besen, Leimeritz, en Autriche (*Écho du monde savant*, 1837, p. 85).

1837. 24 juillet. Pierre à Gross-Divina en Hongrie (*Wien. Akademie*, t. XL, p. 525).

?1837. Août. Pierre à Esnandes, Charente-Inférieure (Boisse).

1838. 29 janvier. Pierre à Kaee, Oude, Inde (*Philosophical Magazine*, t. XXVIII, p. 149).

1838. 18 avril. Une pierre à Akburpoor, Inde (*Poggendorf's Annalen*, t. CXI, p. 369).

1838. 6 juin. Pierre à Chandakapoor, Inde (id.).

1838. 22 juillet. Pierre à Montlivault, Loir-et-Cher (*Catalogue du Muséum*).

1838. 13 octobre. Météorites charbonneuses à Cold Bokkeweld au Cap de Bonne-Espérance (*Philosophical Transactions*, t. I, p. 83).

1839. 13 février. Pierre à Little Piney, Missouri, États-Unis (*Silliman's American Journal*, t. XXXVII, p. 385).

1839. 29 novembre. Pierres près de Naples (M. Capocci).

1840. 27 avril. Pierres à Karakol dans le pays des Kirghis. (*Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. VI).

1840. 12 juin. Pierre à Uden, Hollande (*Poggendorf's Annalen*, t. CXVI, 184).

1840. 17 juillet. Grosse pierre à Cereseto, province de Casal-Montferrat, à l'O. de Milan (*Mémoires de l'Académie de Turin*, t. III, p. 265).

1840. Octobre. Pierre à Concord, États-Unis (*Silliman's American Journal*, t. IV, p. 354).

1840. 22 novembre. Pierre à Gruneberg en Silésie (*Poggendorf's Annalen*, t. LIII, p. 172).

1841. Avril. Pierre à Bissy-en-Chaume, Côte-d'Or (*Écho du monde savant*, 1841, p. 191).

1841. 12 juin. Pierre dans la commune de Triguères, aux environs de Château-Renard, Loiret (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XII).

1841. 17 juillet. Pierre dans le Milanais (Quetelet).

1841. 10 août. Météorite à Iwan, Hongrie (Le même).

1841. 5 octobre. Pierre à Saint-Christophe Roche-Serrière, près La Roche-sur-Yon. (*Écho du monde savant* du 24 octobre 1841).

1842. 26 avril. Pierres à Milena, Warasdin, Croatie (*Poggendorf's Annalen*, t. LVI, p. 349).

1842. 4 juin. Pierres à Aumières, Lozère (Boisse).

1842. 4 juillet. Pierre à Barea, Logrono, Espagne (*Philosophical Magazine*, t. VIII, p. 460).

1842. 5 décembre. Fer à Eaufromont, Vosges (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXXV, p. 289).

1842. 5 décembre. Pierres aux environs de Langres (Id., t. XV).

1843. 25 mars. Météorite à Bishopville, Caroline du Nord (*Silliman's American Journal*, t. II et VI).

1843. 2 juin. Pierre près d'Utrecht en Hollande (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XVI).

1843. Pierre à Manegaum, Inde (*Journal Asiatique*, 1843).

1843. 16 septembre. Pierre à Kleinwenden, en Thuringe (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XXV).

1843. Pierre à Werchne-Tchirskaja-Stanitza, Russie (*Erman. Archiv.*, t. V, p. 181).

1844. Janvier. Pierre à Cosina, à 8 lieues à l'E. de Dolores Hidalgo, au Mexique (Buchner, appendice aux *Meteoriten in Sammlungen*).

1844. 9 avril. Pierre à Killeter, Tyrone, Irlande (*Poggendorf's Annalen*, t. CXIII, p. 508).

1844. 2 octobre. Pierre à Saint-Andrews, Cuba (Greg).

1844. 21 octobre. Météorite à Favars, près de Layssac, Aveyron (*Institut*, nº 5701, 1844).

1845. 25 janvier. Pierre à Louans, Indre-et-Loire (*Compte rendu*, 1881).

? 1845. Pierres à Saint-Puy-de-Castel (*Revue de Libourne*).

1846. 10 mai. Neuf pierres à Macerata, Monte Milone, Italie (*Institut*, nº 666, 1846).

1846. 11 novembre. Pierre à Lowell, Massachusetts, États-Unis (Greg).

1846. Une pierre à Richland, Caroline du Sud, États-Unis (Greg).

1846. 25 décembre. Une pierre à Schonenberg en Bavière (*Münch. Gel. Anz.*, t. XXIV, p. 564).

? 1846. Novembre. Pierre à Girgenti en Sicile (Boisse).

1847. 25 février. Pierre à Iowa, Linn, États-Unis (*Silliman's American Journal*, t. IV (2e série, p. 288).

1847. 14 juillet. Chute d'une masse de fer à Braunau en Bohême (Benert, *Die Meteoriten von Braunau*. Breslau, 1848).

1848. 15 février. Pierre à Dharwar, Inde (*Edinburgh philosophical Journal*, t. XLVII, p. 55).

1848. 20 mai. Météorite à Castine, Maine, États-Unis (*Silliman*'s *American Journal*, t. VI, p. 281).

1848. Pierre à Marmande, Aveyron (Buchner).

1848. 27 décembre. Pierre à Ski en Norvège (*Journal für praktische Chemie*, t. LXIV, p. 122).

1849. 31 octobre, Pierre à Cabarras, Caroline du Nord, États-Unis (*Silliman's American Journal*, t. IX, p. 145).

1849. Pierres à Tunis et à Tripoli (*Philosophical Magazine*, 1850).

1849. 19 mars. Pierre à Poonah, Inde.

1850. 17 août. Chute à Nauplie, en Grèce (*Wien. Akad. Bericht*, t. LVI, p. 55).

? 1850. 22 juin. Pierre à Oviedo en Espagne.

1850. 30 novembre. Pierre à Shalka, Bancoora, Inde (*Wien. Akad. Bericht*, t. XLI, p. 251).

1851. 17 avril. Pierre à Gutersloh, Minden, Westphalie (*Poggendorf*'s *Annalen*, t. LXXXIII, p. 465).

1851. En été, à Quinçay, Vienne (*Catalogue du Muséum*).

1851. 5 novembre. Pierre à Nulles, Tarragone, Espagne (*Lithologia meteorica* de Barcells).

1852. 23 janvier. Pierre à Nellore, Madras, Inde (*Wien. Akademie*, t. XLIV, p. 73).

1852. 4 septembre. Pierre à Mezö-Madaras en Hongrie (*Wien. Akademie*, t. XI, p. 674).

1852. 13 octobre. Pierre à Borkut, en Hongrie (*Wien. Akademie*, t. XX, p. 398).

1852. 2 décembre. Pierre à Busti, Inde (Buchner).

1853. 10 février. Pierre à Girgenti en Sicile (*Philosophical Magazine*, janvier 1863).

1853. 6 mars. Pierre à Segowlee, Inde (*Wiener Akademie*, t. XLI, p. 754).

1853. 6 mars. Pierre à Turuma, ou Duruma, en Afrique (*Philosophical Magazine*, janvier 1863).

1854. 12 avril. Pierre à Nerft en Courlande, Russie.

1854. 5 septembre. Pierre à Fehrbellin, près Potsdam en Prusse (*Poggendorf's Annalen*, t. XCIV, p. 169).

1854. 18 octobre. Fer à Tabarz en Thuringe.

1855. 13 mai. Météorite à Bremervorde, Gnarrenburg, Hanovre (*Poggendorf's Annalen*, t. XCIV, p. 626).

1855. 13 mai. Pierre à Monstel Pank, Œsel.

1855. 17 mai. Pierre à Igast, Livonie (Grewinck).

1855. 7 juin. Pierre à Saint-Denis-Westrem, près Gand, Belgique (Quetelet).

1855. 5 août. Pierre à Pétersbourg, Lincoln, Tennessee, États-Unis (*Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXIV, p. 134).

1855 ou 1856. En été. Pierre à Durango, au Mexique (Wohler).

1856. 5 août. Pierre à Oviedo, Asturies, Espagne (*Revista de los progresos de las Ciencias*, Madrid, mars, 1857).

1856. 12 novembre. Pierre à Trenzano, près de Brescia, en Italie (*Atti Instit. Lomb. di scienze*, 1860, t. I).

1857. 28 février. Pierre à Parnallee, Madras, Inde (*Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXXII, p. 401).

1857. 24 mars. Pierre à Stawropol, Russie (*Bulletin de l'Académie de Saint-Pétersbourg*, t. II, p. 439).

1857. 1er avril. Pierre à Heredia, San Jose, Costa Rica (*Annales de la Universitad de Chile*, 1859, p. 325).

1857. 15 avril. Chute d'une météorite charbonneuse à Kaba en Hongrie (*Wiener Akademie*, t. XXXI, p. 347).

1857. En août. Pierre à Pilot Grove, États-Unis (*Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXX, p. 208).

1857. 4 octobre. Pierre aux Ormes, Yonne (*Institut*, 1857, p. 365).

1857. 10 octobre. Pierres à Ohaba, Siebenbourg (*Wiener Akademie*, t. XXXI, p. 79).

1857. 27 décembre. Pierre à Pegu. Inde (*Wiener Akademie*, t. XLI, p. 750).

1858. 9 décembre. Pierres aux environs de Montréjeau, Haute-Garonne (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XLVII, p. 1053).

1858. 19 mai. Chute à Kakowa en Autriche (*Wiener Akademie*, t. XXXIV, p. 11).

1858. 24 décembre. Pierre à Murcie, Espagne.

1859. 26 mars. Pierre à Harrison, Kentucky, États-Unis (*Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXVIII, p. 409).

1859. 4 juillet. Chute à Crawford, États-Unis (*Rapport géologique sur l'Arkansas*, 1860, p. 408).

1859. 31 juillet. Chute à Montpreïs (*Wiener Akademie*, séance du 17 octobre 1861).

1859. 11 août. Pierres à Bentham (Betlehem), Albany, États-Unis (*Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXX, p. 205.

1859. Pierres à Mexico, Pampanga, îles Philippines (*Catalogue du Muséum*).

1860. 2 février. Pierre à Alexandrie, en Piémont (Buchner).

1860. 28 mars. Pierre à Agra, Inde.

1860. 1er mai. Pierre à New Concord, Ohio, États-Unis (*Silliman's American Journal*, 2e série, t. XXX, p. 103).

1860. 16 juin. Pierre à Kusiali, Kumaon, Guhrwal, Inde (*Philosophical Magazine*, t. XXVIII, p. 148).

1860. 14 juillet. Pierre à Dhurmsalla, Inde (*Proceedings of Boston Society*, t. VIII, p. 233).

1861. 12 mai. Pierre à Butsura, Piprasi, Inde (*Philosophical Magazine*, janvier 1863).

1861. 14 mai. Pierres à Canellas, Villanova de Sitjes, près de Barcelone, Espagne (*Philosophical Magazine*, 1861, p. 107).

1861. 16 juin. Pierre à Grosnja, dans le Caucase, Russie.

1862. 7 octobre. Pierres à Klein-Meno, Mecklembourg (*Poggendorf's Annalen*, t. CXVII, p. 637.

1862. 1er novembre. Pierre à Seville, Andalousie, Espagne.

1863. 16 mars. Chute à Rutlam, Indore, Inde (Buchner).

1863. 2 juin. Pierre à Buschoff en Courlande, Russie.

1863. 8 août. Pierre à Pillistfer, Livonie, Russie.

1863. 7 décembre. Pierres à Tourinne-la-Grosse, près Louvain, Belgique (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1864).

1863. 10 décembre. Chute à Trapezunt (*Wiener Akademie*, séance du 28 avril 1864).

1863. 22 décembre. Pierre à Manbhoom, Bengale.

1864. 14 mai. Météorites charbonneuses à Orgueil, Tarn-et-Garonne (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LVIII).

1864. 26 juin. Pierre à Dolgowola, Volhynie.

1864. 4 décembre. Pierre à Turakina, Wellington, Nouvelle-Zélande (*Wiener Akademie*, séance du 30 juin 1865).

1865. 19 juin. Pierre à Mouza-Khoorna, Inde.

1865. 12 août. Pierres à Dundrum, Irlande (*Philosophical Magazine*, 4e série, t. XXXII, p. 80).

1865. 25 août. Pierres à Aumale, Algérie (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*).

1865. 25 août. Chute à Shergotty, Gya, Behar, Inde (Crook, *Dissertation on meteorites*, 1868).

1865. 23 mai. Pierre à Gopalpur, Jessore, Inde.

1865. 21 septembre. Pierres à Muddoor, Mysore, Madras, Inde.

1865. 19 janvier. Chute à Bubuowly, Inde (Buchner).

1866. Avril. Pierres à Udipi, Canara méridional, Inde.

1866. 28 mai. Pierre à Pokhra, Gorrukpure, Inde (Buchner).

1866. 30 mai. Trois pierres à Saint-Mesmin, Aube (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXII).

1866. 9 juin. Pluie de pierres à Knyahinya en Hongrie (*Wiener Akademie*).

1866. 5 octobre. Pierre à Jamkheir, Bombay, Inde (Buchner).

1866. 30 novembre. Chute à Cangas de Onis, près de Llanès, province de Santander, Espagne.

1867. 19 janvier. Pierre à Khetree, Rajpootana, Inde (*Chemical News* du 17 juin 1870).

1867. 9 juin. Pierres à Tadjera près de Sétif, Algérie (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXV).

1868. 30 janvier. Des milliers de pierres aux environs de Pultusk près de Varsovie en Pologne (*notice* publiée par la haute École de Varsovie).

1868. 29 février. Trois pierres aux environs de Casale en Italie (*Bulletin de l'observatoire de Moncalieri*).

1868. 20 mars. Pierre à Daniel's Kuil, Griqua Town, Afrique australe (*Journal of the Chemical Society*, 2e série, t. VII, p. 22).

1868. 22 mai. Pierre près de Slavetic en Croatie (*Wiener Akademie*, séance du 9 juin 1868).

1868. Derniers jours de juin. Pierre à Pnompehn, au Cambodge (*Bulletin de l'Association scientifique* du 20 septembre 1868).

1868. 11 juillet. Chute à Ornans, Doubs (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXVII, p. 663).

1868. 6 septembre. Pierres à Sauguis-Saint-Étienne, arrondissement de Mauléon, Pyrénées-Orientales (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. 1868).

1868. 1er octobre. Pierre à Lodran, Mootlan, Inde (*Wiener Akademie*, avril 1870).

1868. 24 novembre. Pierre à Danville, Alabama, États-Unis.

1868. 5 décembre. Pierre à Franckfort, Alabama, États-Unis.

1868. 21 décembre. Pierres à Motecka Nugla, Burthpur, Inde.

1869. 1er janvier. Pierres à Hessle, Arno, près du lac Mälare aux environs d'Upsal, en Suède (Nordenskiold).

1869. 5 mai. Pierre à Krahenberg en Bavière (*Poggendorf's Annalen*, n° 6 de 1869).

1869. 22 mai. Pierre à Kernouve près de Napoléonville, Cleguerec, Morbihan.

1869. 19 septembre. Pierre à Tjabé, Netherland, Java (*Chemical News* du 2 février 1872, p. 58).

1869. 6 octobre. Pierre à Stewart County, Georgie, États-Unis.

? 1869. 27 novembre. Chute à la Montagne de la Table, Cap de Bonne-Espérance (*Moniteur universel* du 2 décembre 1869).

? 1870. Chute à Mourzouk, dans le Fezzan (*Bulletin de l'Association scientifique* n° 170, p. 275).

1870. 23 janvier. Fer à Nedagolla, Vizagapatam, Indes.

1870. 7 juin. Pierres à Ibbenbuhren, Wesphalie.

1870. 18 août. Pierre à Murcie, Espagne.

1871. 21 mai. Pierre à Searsmont, Maine, États-Unis (*Mechanic's Magazine* du 16 septembre 1871, p. 211).

1871. 10 décembre. Pierre à Bandong, Java.

1871. 10 décembre. Pierre à Roda, Huesca, Espagne.

1872. 8 mai. Pierres à Dyalpur, Oude, Inde.

1872. 28 juin. Pierres à Tennasilm, Turgel, Esthonie, Russie.

1872. 23 juillet. Pierre à Authon, Lancé, Loir-et-Cher.

1872. 13 octobre. Pierres à Soko Banja, Serbie.

1872. 31 octobre. Pierre à Orvinio, Rome, Italie.

1873. Juin. Pierres à Jhung, Pundjab, Indes.

1873. 23 septembre. Pierres à Khairpur, Bhawalpur, Indes.

1874. 12 mai. Pierre à Koursk, Caucase, Russie.

1874. 14 mai. Pierres à Nash County, Caroline du Nord, États-Unis.

1874. 20 mai. Pierre à Virba, Vidin, Turquie (*Comptes rendus*).

1874. 26 novembre. Pierres à Kerilis, Mael Pestivien, Côtes-du-Nord.

1875. 12 février. Pluie de pierres à West Liberty, Iowa Township, Iowa County, États-Unis (Hinrichs, *Silliman's american Journal*).

1875. 4 mars. Pierre à Sitathali, Rajpootanah, Indes.

1875. 31 mars. Pierre à Zsadany, Cercle de Temes, Hongrie.

1876. 28 janvier. Pierres à Stalldalen, Suède.

1876. 16 février. Pierres à Judesgherry, Mysore, Indes.
1876. 7 juin. Pierre à Vavilovka, Cherson, Russie.
1876. 16 août. Pierre à Feidchair, la Calle, Algérie.
1876. 27 octobre. Pierre à Nageria, Agra, Indes.
1876. 21 décembre. Pierre à Rochester, Indiana, États-Unis (Smith, *Silliman's American*). *Journal*
1877. 1er janvier. Pierres à Warrenton, Illinois, États-Unis.
1877. 23 janvier. Pierres à Cynthiana, Kentucky, États-Unis (Smith, *Silliman american*).
1877. 17 mai. Pierre à Hungen, Hesse.
1877. Pierres à Cronstadt, River Orange, Afrique australe.
1878. 15 juillet. Pierres à Tieschitz, Prerau, Moravie.
1878. 5 septembre. Pierre à Dandapur, Goruckpur, Indes.
1878. 8 novembre. Pierres à Rakovka, Tula, Russie.
1879. 31 janvier. Pierres à la Bécasse, Dun-le-Poelier (Indre).
1879. 10 mai. Pluie de pierres à Estherville, Emmet County, Iowa, États-Unis (Smith, *Silliman's american Journal*).
1880. Février. Volumineuse météorite à Véramine, Téhéran, Perse.
1880. 30 juin. Météorite charbonneuse à Nogoga, Conception, Entre Rios, République argentine (*Catalogue du Muséum*).
1881. 14 mars. Pierre à Middlesborough, Yorkshire, Angleterre.
1881. 19 novembre. Pierre à Grossliebenthal, Odessa, Russie. (*Comptes rendus*).
1882. 3 février. Pluie très abondante de pierres à Mocs, Gynlaselke, Visa, Kolos, Transylvanie.
1882. 2 août. Pierres à Pawlovka, Balachoff, Saratoff, Russie.
1883. 28 janvier. Pierre à Saint-Caprais de Quinsac, Gironde (Forquignon, *Comptes rendus*, 1883).
1883. 16 février. Plusieurs pierres à Alfianello, Brescia, Italie.
1883. Pierre à Adalia, Konia, Asie Mineure.

LES PRINCIPALES COLLECTIONS DE MÉTÉORITES.

Dans la plupart des capitales, les musées d'histoire naturelle comprennent une collection de météorites. A Paris, à Londres, à Berlin, à Vienne, à Saint-Pétersbourg, à Calcutta et ailleurs, des collections de ce genre sont extrêmement importantes. Notre frontispice représente le meuble où est disposée la série des météorites du Muséum d'histoire naturelle. Cette collection, commencée par Cordier, a été très considérablement accrue par M. Daubrée. C'est aujourd'hui une des plus belles du monde, elle renferme beaucoup d'échantillons uniques. En 1882 un catalogue rationnel en a été publié; il est précédé de notions générales sur les météorites et présente les diverses chutes d'après la classification qui a été donnée plus haut.

A Londres, la collection publique de météorites est exposée au British Museum; elle est fort riche et son dernier catalogue est un *guide populaire* destiné à vulgariser les notions de météoritologie.

A Vienne, la très belle collection publique a été fondée par Hörnes et considérablement agrandie d'abord par Haidinger et actuellement par M. Brezina et M. Tschermak.

A Gottingue, une collection importante est exposée à l'Université.

Le musée minéralogique de Dresde contient une intéressante série dont le catalogue, établi suivant la classification de M. Tschermak, a été récemment publié par M. Purgold.

A Harlem, M. le professeur de Baumhauer, secrétaire de la Société hollandaise des sciences, a exposé une nombreuse suite dont le catalogue est tenu à jour et qui s'accroît constamment.

L'Université de Bologne possède, grâce aux soins de M. Bombicci une collection fort intéressante.

C'est à M. Nordenskiöld, que le musée de Stockholm doit d'être richement pourvu.

La collection de Madrid ne paraît pas avoir de catalogue publié.

L'*Indian Museum* de Calcutta possède une collection spécialement digne d'intérêt à cause des nombreuses météorites indiennes qui y sont représentées.

Parmi les collections particulières je mentionnerai : en Angleterre celles de M. Greg à Manchester et celle de M. Nevill, à Goldaming, qui sont d'ailleurs actuellement sorties des mains de leurs fondateurs. La seconde est maintenant à Londres; — à Vienne celle de M. de Braun; — à Saint-Pétersbourg celle de M. Siemaschko; — à Louisville (Kentucky) celle de Lawrence Smith, malheureusement menacée de dispersion depuis la mort de son savant fondateur; à Amherst (Massachussets) celle de M. Shepard qui offre un intérêt exceptionnel.

NOTE COMPLÉMENTAIRE

SUR LES HÉLIOGRAVURES QU'ON A JOINTES A CE TRAVAIL POUR REPRÉSENTER DES LAMES DE MÉTÉORITES OBSERVÉES AU MICROSCOPE

Il paraît utile d'indiquer ici très rapidement quelques particularités relatives aux figures jointes à ce travail, où sont représentés des coupes minces de météorites observées au microscope. Ce sont des photographies obtenues directement d'après nature par M. Molteni, et que M. Dujardin a transformées en héliogravures. Elles sont donc d'une scrupuleuse exactitude et l'on ne peut leur reprocher que de ne pas présenter les détails qui, n'étant pas photogéniques, n'ont pas impressionné les pellicules photographiques. Le grossissement auquel elles ont été obtenues a varié suivant les cas, et il est indispensable de le préciser pour chacune d'elle ; je signalerai en même temps à l'attention du lecteur quelques particularités importantes.

Page 145. Lodranite, tombée à Lodran (Indes), en 1868. — Le grossissement est de 50 diamètres. Les parties complètement noires représentent le réseau mé-

tallique. Sous un jour rasant (impraticable pour la photographie) on voit le métal se scinder en deux alliages concentriques l'un à l'autre et disposés parallèlement aux contours des grains métalliques. Dans l'échantillon représenté, le minéral pierreux dominant est le péridot ; c'est lui qui constitue les grains anguleux situés vers le centre. C'est lui encore qui se montre vers le bord de la préparation, sur une large surface traversée par des clivages nettement accusés. On le reconnaît dans la lumière polarisée à ses brillantes colorations. La bronzite lui est intimement unie ; elle est la substance de la large partie transparente, où abondent les granules opaques et anguleux (de 2 à 3 millimètres sur la gravure) qui sont de nature métallique.

Page 181. *Erxlebenite tombée le* 23 *mai* 1869, *à Kernouve* (*Morbihan*). — Le grossissement est de 44 diamètres environ. La région choisie montre bien la forme essentiellement tuberculeuse et irrégulière des grenailles métalliques venues en noir profond. Dans la partie transparente, le péridot se signale par ses clivages très nets ; il est beaucoup plus apparent que les minéraux inattaquables qui sont comme dissimulés en particules très fines. Dans la lumière polarisée, chaque grain de péridot, où manquent, comme on voit, les contours géométriques de vrais cristaux, se présente comme une mosaïque extrêmement brillante. Un coup d'œil suffit pour justifier l'expression employée plus haut de *givre* qui lui a été appliquée et que consacre sa reproduction par condensation brusque de vapeurs convenablement constituées.

Page 186. *Ménite tombée le* 23 *juillet* 1872 *à Authon* (*Loir-et-Cher*). — Le grossissement est de 45 diamètres. La préparation présente plusieurs grands trous ; la portion noire est surtout constituée non seulement par des grenailles métalliques réellement opaques, mais encore par des minéraux silicatés qui ont été teints en jaune ocreux (couleur non photogénique) par des infiltrations de chlorure de fer. Celles-ci peuvent résulter en partie de l'attaque, par le chlorure de sodium, abondant dans la pierre, des éléments métalliques. Ce qui frappe à l'examen de l'échantillon, c'est l'existence de globules à *chondres*, transparents, mais n'ayant aucunement la structure variée des chondres ordinaires. Ils présentent aussi sur leurs contours, des déformations très remarquables, et l'on remarque dans leur substance des granulations opaques tout à fait exceptionnelles. Le péridot constitue une forte portion de ces chondres dont on remarque aussi l'auréole noire.

Page 189. *Sigénite tombée le* 17 *novembre* 1873 *à Sigena* (*Aragon*). — Le grossissement est de 30 diamètres. Je signalerai la forme extrêmement anguleuse et parfois ramifiée, de certains grains de fer nickelé enchâssés en plein silicates.

Page 194. *Renazzite tombée le* 15 *janvier* 1824, *à Renazzo* (*Ferrare*). — Le grossissement est de 40 diamètres. La portion de beaucoup la plus volumineuse de cette météorite, quoique non métallique est parfaitement opaque. Çà et là se montrent des grains arrondis (chondres ?) d'un minéral blanc, laiteux en masse, mais parfaitement transparent en lame mince. Malgré l'opinion émise naguère par Cordier, il paraît naturel de regarder ce minéral comme étant de nature péridotique : son attaquabilité aux acides, ses clivages et son activité sur la lumière polarisée, qui

le teint des couleurs les plus vives, justifient cette opinion. Beaucoup de granules blancs, semblent avoir pour centre un corpuscule noir et opaque; structure éminemment remarquable à plus d'un point de vue.

Page 194. *Article Manbhoomite.* — Il me paraît fort utile de compléter la description très sommaire de la manbhoomite par la figure 131, où l'on a reproduit une lame mince de cette roche vue au microscope.



Fig. 131. — Manbhoomite, tombée le 22 décembre 1863 à Manbhoom, Indes. Lame mince vue au microscope.

Le grossissement est de 45 diamètres. On y voit nettement la structure bréchoïde de la roche dont l'analogie avec la banjite résultera peut-être de l'examen d'échantillons suffisamment volumineux. Le fer nickelé est en fragments fortement anguleux et le péridot fait des masses relativement grosses, toutes recoupées de fissures en sens divers.

Page 207. *Lucéite tombée le* 13 *septembre, à Lucé* (*Sarthe*). — Le grossissement est de 80 diamètres. La préparation fait bien ressortir l'extrême finesse de grain de la lucéite et la petitesse des grenailles métalliques ramifiées qui y sont disséminées de toutes parts.

Page 233. *Montrejite tombée le* 9 *décembre* 1858 *à Montrejeau* (*Haute-Garonne*). — Le grossissement est de 50 diamètres. La préparation montre un de ces

chondres fibreux caractéristiques de la montrejite, et qui sont constitués par des aiguilles d'enstatite entre lesquelles sont des grains extrêmement petits de péridot. Ce sont des chondres de ce genre que M. Hahn a considérés, à la fois d'une manière si lourde et si légère, comme représentant des polypiers fossiles ou des spongiaires d'origine cosmique. On voit des granules de fer et des plaques péridotiques à clivages nettement accusés.

Page 240. *Tieschite tombée le* 15 *juillet* 1878 *à Tiechitz (Moravie)*. — Le grossissement est de 45 diamètres. J'ai choisi dans cette très remarquable météorite une région présentant un chondre des plus singuliers. On voit tout d'abord qu'il n'est pas sphéroïdal et que cependant il est limité par des contours très arrondis. Il consiste en belles aiguilles pyroxéniques éminemment comparables à celles que produisent les condensations brusques de vapeur, et dont on a un exemple dans la figure 91, page 526. Les grains situés en dehors du chondre sont péridotiques pour la majeure partie, comme le prouve leurs brillantes colorations dans la lumière polarisée.

Page 243. *Tadjérite tombée le* 9 *juin* 1867 *à Tadjera (Algérie)*. — Le grossissement est de 40 diamètres. Ce qui frappe avant tout dans cette roche c'est l'abondance de la matière noire opaque, d'origine métamorphique, comme on sait, et qui masque la plus grande partie du péridot. Les parties transparentes consistent presque exclusivement en enstatite et autres minéraux pyroxéniques ; en première ligne, les aiguilles constituantes du chondre *hahnien* compris dans la gravure, et qui, très actives sur la lumière polarisée, ne se colorent pas sensiblement sous son influence. A ce point de vue la comparaison du chondre avec celui de la page 235 est extrêmement instructive. Elle montre, par surcroît, une application analytique de l'expérience relative au métamorphisme météoritique. Celui-ci en effet, en rendant opaque le minéral péridotique, fait ressortir le pyroxène précédemment dissimulé, et permet d'en constater à la fois la présence et la situation.

Page 270. *Aiglite tombée le* 10 *avril* 1812 *à Toulouse (Haute-Garonne)*. — Le grossissement est de 20 diamètres. J'ai fait photographier la coupe d'un des éléments de ce grès cosmique. C'est un grain parfaitement rond, exactement enchâssé dans la roche et qui ne peut continuer, malgré l'autorité des savants qui le lui ont donné, à recevoir le nom de *chondre* déjà donné à des corps absolument différents décrits plus haut. Cette fois nous avons bien réellement affaire à un fragment *roulé* d'une roche compacte, peu active sur la lumière polarisée et traversée par des réseaux de fines veinules jaunâtres extrêmement remarquables. De petits grains anguleux de fer nickelé se montrent de tous côtés.

Page 279. *Chladnite tombée le* 25 *mars* 1843, *à Bishopville (Caroline du Sud)*. — Le grossissement est de 45 diamètres. La plaque montre l'enstatite très bien cristallisée en prismes recoupés de clivages transversaux. Les parties opaques sont rendues telles par des infiltrations ocreuses.

Page 283. *Ornansite tombée le* 1er *janvier* 1877, *à Warrenton (Missouri)*. — Le grossissement est de 45 diamètres. La préparation permet d'apprécier la nature

essentiellement globuleuse de l'ornansite. On voit en même temps que ses globules sont absolument différents des *chondres hahniens* précédemment décrits. En général ils ne sont ni ronds ni fibreux. La lumière polarisée y montre souvent des grains cristallins souvent péridotiques, orientés de façon très diverse. Chaque globule possède une enveloppe particulière de matière noire et opaque où domine le péridot.

Page 290. *Howardite tombée le* 14 *juillet* 1845, *au Teilleul* (*Manche*). — Le grossissement est de 45 diamètres. On voit tout d'abord de très nombreux grains d'anorthite, parfois reconnaissables même à leurs formes extérieures, et plus souvent à leur clivage, ainsi qu'à l'angle de 45° de leur extinction. Çà et là brillent d'un vif éclat, dans la lumière polarisée, de petits grains péridotiques. La roche remarquablement transparente, laisse bien voir de très petits grains opaques consistant pour la plupart en fer chromé et en pyrrhotine.

Page 294. *Igastite tombée le* 17 *mai* 1855 *à Igast* (*Livonie*). — Le grossissement est de 50 diamètres. Un coup d'œil montre comment cette roche diffère profondément de toutes les autres météorites. L'étude dans la lumière polarisée montre qu'il s'agit d'une sorte de brèche à éléments les uns feldspathiques, les autres quartzeux, dont le ciment, très foncé, est un mélange de grains incolores très petits et de particules opaques. Les grains feldspathiques, de forme irrégulière, sont remarquables par l'abondance des macles qu'ils présentent. On y voit aussi des inclusions variées, dont plusieurs paraissent de nature vitreuse.

Page 296. *Eukrite tombée le* 22 *mai* 1808 *à Stannern* (*Moravie*). — Le grossissement est de 45 diamètres. On remarque tout d'abord les grands prismes d'anortint maclés dont l'angle d'extinction est exactement de 45 degrés ; le pyroxène constitue des grains dont la forme cristalline est beaucoup moins évidente et qui souvent sont parfaitement opaques. En plusieurs points des grains plus ou moins tuberculeux de fer chromé sont très reconnaissables.

Page 326. *Cristaux de pyroxène magnésien obtenus par condensation de vapeurs.* — Le grossissement est de 45 diamètres. Par leur dimension comme par leur groupement, ces aiguilles ressemblent fort exactement à celles dont sont constituées les *chondres hahniens*. Leur extinction se fait à zéro.

Page 328. *Amphigène obtenue artificiellement par condensation de vapeurs.* — Le grossissement est de 120 diamètres.

Page 368. *Aumalite chauffée une heure au rouge et transformée ainsi en tadférite.* — Le grossissement est de 45 diamètres. La transformation métamorphique a affecté surtout la substance péridotique finement grenue qui existe entre les cristaux plus volumineux et jusque dans leurs fissures. La roche manifeste ainsi une texture globulaire qui était loin d'être aussi visible avant l'expérience. On peut comparer cette figure à celle de la page 243, où est représentée la tadjérite naturelle.

Page 370. *Montréjite chauffée une heure au rouge et transformée ainsi en stawropolite.* — Le grossissement est de 45 diamètres. Le résultat est fort analogue

au précédent, avec lequel il est instructif de le comparer. Ici l'élément péridotique pulvérulent et transformable est beaucoup plus diffusé. Les grains restés incolores prennent dans la lumière polarisée des couleurs extrêmement vives.

Page 378. — Il m'a paru très intéressant de compléter les détails donnés sur la nature des failles (*lignes cosmiques*) traversant des échantillons d'aumalite, en mettant sous les yeux du lecteur l'aspect d'une lame mince taillée de façon à être entièrement traversée par un accident de ce genre (*fig.* 132).



Fig. 132. — Aumalite tombée à Girgenti (Sicile) le 10 février 1853 : on y voit une faille qui traverse tout l'échantillon.

Le grossissement est de 45 diamètres. Il paraît impossible, à la vue de cet échantillon, de continuer à supposer, conformément à une hypothèse parfois formulée, que la matière noire a été *injectée* dans les fissures. Sa liaison avec la matière noire existant dans les interstices et jusque dans les clivages des cristaux, démontre qu'elle a été engendrée par un échauffement local, déterminé lui-même par le déplacement relatif des deux faces de la faille.

Page 389. *Dolérite à fer natif d'Ovifak.* — L'élément le plus visible consiste en aciculaires maclés de labrador avec excès et prenant dans la lumière polarisée des teintes extrêmement vives, dont de très petites graines péridotiques. La partie opaque consiste surtout en pyroxène. Le grossissement est de 45 diamètres.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

2611. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.